

MEDDELELSER

FRA

DET NORSKE SKOGFORSØKSVESEN

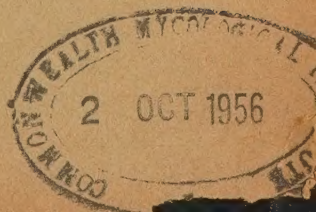
NR. 47

(BIND XIII. HEFTE 4)

Reports of
The Norwegian Forest Research Institute

REDAKTØR:
PROFESSOR ERLING EIDE

VOLLEBEKK 1956



DET NORSKE SKOGFORSØKSVESEN, VOLLEBEKK, NORGE

IVAR SAMSET

Tømmertransport med
hest og traktor på snepakkete veier

*Timber Transport with Horse and Tractors
on Compact Snowroads*

Vollebekk, Norge 1956

Tilgnet mine foreldre



Digitized by the Internet Archive
in 2025

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 Innledning	325
11 Historisk oversikt	325
12 Formålet med undersøkelsen	338
13 Undersøkelsens omfang	340
2 Planlegging og gjennomføring av undersøkelsen	356
21 Metodestudiets gjennomføring	359
211 Snemålinger	366
212 Måling av forhold vedrørende transportmidlet	372
212,1 Måling av friksjon mellom meier og snebane	372
212,2 Måling av friksjon mellom drivende hjul og snebane	373
212,3 Rullemotstandsmålinger	375
212,4 Måling av traktorens hestekrefter, virkningsgrader og utnyttelsesgrader	376
22 Arbeidsstudienes gjennomføring	376
221 Inndeling av transporttiden	377
23 Bearbeiding av materialet	382
3 Resultatet av undersøkelsen	389
31 Metodestudiene	389
311 Transportbanen (Heste- og traktorveiene)	389
311,1 Sne	390
311,11 Nysne	400
311,12 Gammel sne	401
311,2 Snepakket vei	402
311,21 Traktorenes snegående egenskaper	405
311,22 Øking av sneens bæreevne	415
311,23 Forskjellige typer snepakket vei	437
311,24 Vedlikehold av en bunnpakket snevei	441
311,25 Sneveiens sammenbrudd	447
312 Transportmidlet	453
312,1 Friksjon mellom meier og snebane	454
312,11 Meiefriksjon under bevegelse	454
312,12 Meiefriksjon under start (startfriksjon)	463
312,2 Traktorens rullemotstand	468
312,3 Traktorens sluring og friksjon	475
312,4 Traktorens effekt og virkningsgrad	517
32 Arbeidsstudiene	533

	Side
321 Underveistidene	533
321.1 Hestettransport	533
321.2 Traktortransport	548
322 Terminaltidene	565
322.1 Pålessing	565
322.2 Avlessing	579
Eksempel på anvendelse av resultatene til beregning av transportprestasjoner og transportomkostninger	587
Sammendrag	594
Resultat-tabeller (tabell 1—32,	607
Bearbeidings-tabeller (tabell I—XXXIII)	639
Utjevnete funksjoner (fig. I—XVII)	687
Timber transport with horse and tractors on compact snowroads	703
Litteraturfortegnelse	734

FORORD

Driftssesongen 1948/49 begynte Skogforsøksvesenet en serie forsøk angående tømmertransport på vinterføre. De to første vintre ble viet hestetransport på hesteveier med god linjeføring uten sjenerende utforbakker. Hestetransport i bratt utforlende vil bli gjenstand for en egen undersøkelse.

Driftssesongene 1950—1954 utvidet vi undersøkelsen til å omfatte transport med to- og firehjulsdrevne traktorer på traktorveier av varierende kvalitet.

Skogbrukets og Skogindustriens Forskningsforening har delvis skaffet til veie midler til gjennomføring av forsøkene.

I undersøkelsene deltok forstkandidatene Einar Grannes, Johan Petter Holte, Magnus Tennås, Jørgen v. Ubisch og Kjell Wibstad, samt ingeniør Kjell Bering. Dessuten deltok skogteknikerne Einar Blystad, Thor Brokstad, Ragnar Dybsjord, Torbjørn Hovland, Terjei Jørgensen, Torstein Sjursen, Peter Sjølie, Ragnar Strømnes og Svein Tengedal.

Følgende firmaer har stillet traktorer, doninger og annet utstyr til disposisjon under forsøkene: Eik & Hausken Maskinforretning A/S, Eiks Maskinforretning A/S, Falks Bilverksted, Øivind Holtan, Jo-Bu Salgskontor A/S, Moelven Brug A/S, Motordrift A/S, Norsk Alfa Laval A/S og Bertel O. Steen.

Forsøkene ble gjennomført i følgende skogfirmaer, som ydet stor hjelp under gjennomføringen av markarbeidet: Georg Aubert, Løten Almenning, Løvenskiold-Vækerø, Saugbruksforeningen og Treschow-Fritzøe.

Professorene Erling Eide og Elias Mork, samt ingeniør Kjell Bering har lest igjennom avhandlingen, og den engelske oversettelse er utført av fru Dorothy M. Johnsen.

Til alle de nevnte personer, institusjoner og firmaer retter jeg hermed min beste takk.

Det norske Skogforsøksvesen

Desember 1955

Ivar Samset.

1 INNLEDNING

11. HISTORISK OVERSIKT

Skogdriften i Norge har meget gammel tradisjon. Så lenge skogen bare ble brukt til bygningsmaterialer og brensel, var skog-resursene overveldende i forhold til behovet. Det var kort vei til tømmeret, slik at det ikke eksisterte noe transportproblem etter nåtidens målestokk. Etter hvert som skogen fikk verdi som salgsvirke, ble de nærmeste tømmerpartier hogget ut, og transportproblemenegynte å melde seg. Vi vet at allerede i det 11. århundre ble det eksportert tømmer fra Norge til England. (SANDMO 1937).

I gammel tid benyttet man seg av primitive transportmåter. Det første var antagelig en form for slepkjøring ved hjelp av hest og lunnedrag (2 skokler med tverrtre). Da avrundet man stokkene meieformet i forenden, og hogg hull i dem slik at de kunne festes til lunnedragets tverrtre med vidjer. (STOLTENBERG 1947). Dels fraktet man rundtømmer, og dels «fjeler», som var stokker ferdigteljet på alle fire sider i skogen. I Frostatingsloven kan man finne visse regler for denne transport. Der står f. eks. at «kvelden før helligdag skal tømmerlass eller fjelelass bli stående der hvor det er kommet, når to tredjedeler av dagen er gått».

I årene frem til det 19. århundre kan det merkes en viss utvikling på tømmertransportområdet, f. eks. ved at langsleden ble tatt i bruk. Dette er en stiv slede med lange meier. Tømmeret legges oppå sleden og surres fast. Denne sledetype som har vært i bruk i det meste av Skandinavieng (KJELLBERG 1947) reduserte friksjonen, så man kunne få frem større lass. Den passet dog ikke i bratt lende. Under slike forhold fortsatte man med å slepkjøre tømmeret, idet man la lassets forende på en kortere slede, den såkalte stubbslede.

Virkelig fremskritt i transportteknikken ble det imidlertid først etterat jernet i 1870—80 årene ble billigere og lettere tilgjengelig

for folk. Man begynte å beslå meiene med jern for å minske slitasjen, og samtidig ble friksjonen mindre så lasstørrelsen kunne økes. Jernet muliggjorde også forbedrete forbindelser mellom meier og lastebanker.

I bratt og kupert terreng fortsatte man å bruke stubbslede, men etter hvert tok man også i bruk en etterslede, den såkalte dubbe. I de bratte liene slepkjørte man tømmeret, men på flatere partier av veien ble dubben satt under de bakre stokkender, så man ikke behøvde å redusere lasstørrelsen på grunn av flate veistreknings eller i svak motkjøring. Dubben er en kort og lett slede, hvor bankene er hengslet opplagret til meiene, så den smidig følger terrenget. Men den sporer dårlig og må styres med en håndspak gjennom kurvene i veien. (BØHLE 1944). Til å begynne med hadde stubbsleden fast banke, men omkring 1915 ble den utstyrt med svingbanke for å få bedre styring (IHLEN 1943).

Stubbslededonningen har altså sin opprinnelse i bratt og kupert terreng. Den skiller seg fra moderne doninger, f. eks. geitdoningen, ved at fremsleden har lengre meier enn baksleden, idet hovedtyngden av lasset hviler på fremsleden. (KÅSA 1952).

Dessuten har stubbsleden bredere meier enn geitdoningen, hvilket er naturlig fordi vinterklimaet i de distrikter den har sin utbredelse er sterkt vekslende. Denne doning minner derfor en del om den svenske Norrbottenkälken som også har brede meier, og større fremslede enn bakslede. (KJELLBERG 1945). Norrbottenkälkens utforming beror delvis på at man i det distrikt den har sin utbredelse kjører tømmeret direkte fra stubben. De brede meier og den korte bakslede gjør det derfor lettere så vel å rykke løs som å trekke lasset på løse veier. I motsetning til stubbslededonningen har Norrbottenkälkens bakslede fast forbindelse mellom meier og banke, så den sporer bra under kjøringen. Stubbslededonningen er fremdeles i bruk i Telemark og Agderfylkene og finnes utbredt i bratt terreng østover til Numedalen. (STOLTENBERG 1947). Denne doningstype blir dog mindre brukt etter hvert, fordi man begynner å kappe tømmeret i skogen, også i disse distrikter. Isteden har man begynt å ta geitdoningen i bruk. På grunn av det vekslende vinterklima, er det ting som tyder på at man bør finne et mer egnet alternativ enn geitdoningen i det område der stubbslededonningen har hatt sin utbredelse. Dette spørsmål blir ikke nærmere behandlet i denne undersøkelse.



Fig. 1. Hankekjøring.
Long load skidding.

I enkelte strøk av landet, særlig Nord-Østerdal og Hallingdal, hvor det finnes lange bratte skoglier som muliggjør jevne hellingsforhold langs veien, har slepkjøringen utviklet seg videre til den såkalte hankekjøring. Etter det ordinære slepelass henger man etterslep, som kan bestå av en eller flere tømmerlengder og en eller flere stokker i bredden. (IHLEN 1944 og 1945). Det finnes flere former for hankekjøring. Ved den mest typiske form for hankekjøring består sleplasset av 2—4 stokker, hvoretter man henger 10—15 tømmerlengder. (Fig. 1). Slike lass kan bli 60—80 meter lange og krever trauformet vei med jevne kanter og jevn helling, vanligvis 100—120 ‰. (KÅSA 1952). Enkelte kneiker kan imidlertid være brattere, opp til ca. 300 ‰ (SOLLI 1955). Da bratt utforkjøring med hest ikke blir behandlet i nærværende arbeide, vil denne interessante transportform bli gjenstand for en egen undersøkelse ved en senere anledning.

Geitdoningen ble først tatt i bruk i Sverige omkring 1880—1890 (KJELLBERG 1945). Den ble innført til Norge i årene 1900—1915 og er nå den mest utbredte doningstype i landet (SOLLI 1955). Geitdoningen har lengre bakslede (geit) enn fremslede (buk) så lassets hovedtyngde hviler på geita. Siden sin opprinnelse har geitdoningen gjennomgått en vesentlig utvikling i Sverige (KJELLBERG 1945).

En av Norrbottenkålkens fordeler fremfor geitdoningen er at den til tross for sin relativt stive konstruksjon gir meiene en viss bevege-

lighet i vertikalplanet. Dette er ikke tilfelle for den vanlige geitdoningens vedkommende. Geitdoningen er derfor kraftig beslått, så den ikke blir brutt i stykker på ujevn vei. Norrbottenkålkens meier følger bedre terrengujevnhetene enn geitdoningen. Da den dessuten har bredere meier går denne lettere på løs og ujevn vei. Det samme fortrinn har for øvrig også stubbsleddedoningen.

I 1929 bygde man imidlertid en ny geitdoningstype i Sverige hvor man forsøkte å forene fordelene ved geitdoningen og ved Norrbottenkålkens. Dette var den såkalte Lassbykålkens. Her kunne meiene beveges en del i vertikalplanet, men var ellers i prinsippet lik den gamle geitdoning. Meiene var 10 cm brede, men meiestålets ytterste 2 cm var bøyd opp så anleggsbredden var 6 cm under kjøring på fast vei. Denne doning representerte derfor et betydelig fremskritt.

Også sporvidden mellom meiene har variert meget, helt ned til ca. 22". Etter hvert øket man sporvidden så meiene kunne holdes utenfor hestetrålket i midten av veien, selv i forholdsvis krappe kurver. Siden 1925 har man i Sverige søkt å standardisere sporvidden til 72,5 cm.

I 1945 ble utviklingen ført ytterligere et skritt frem i og med at Värmlands Skogsarbetsstudier brakte en ny doningstype på markedet. VSA-doningen har meier som er bevegelige i vertikalplanet ved hjelp av en hengslet opplagring mellom meier og banker. Doningen følger derfor veiens ujevnheter helt ledig. Lassbykålkens bukk har svingbank. På VSA-doningens bukk er derimot meiene kingbolt-opplagret til bankene, hvilket bl. a. muliggjør lavere lastehøyde. VSA-doningen har dessuten utslagbare staker for å lette på- og avlessingen.

I Norge har geitdoningen gjennomgått meget små forandringer. Den doningstype som vanligvis blir brukt i dag under kjøring på basveg i vanlig skogterreng, er stort sett av samme konstruksjon som de første man tok i bruk, selv om en forbedret produksjon har gjort doningene hendigere i utformingen. Under kjøring på basvei i pent terreng brukes fremdeles smal sporvidde og stiv opplagring mellom meier og banker. I den siste tid er det dog ting som tyder på at vi står overfor en ny utvikling på dette område. Doningfabrikanter har tatt spørsmålet opp til diskusjon, og vinteren 1954 laget Løvenskiold-Vækerø en geitdoning med hengslet opplagring mellom meier og banker, både på bukken og geita. Denne doning bygger altså i stor utstrekning på de erfaringer som det blir rede-



Fig. 2. Vedtransport med rein. Pasvikdalen 1953.

Fuelwood transport with reindeer. Pasvikdalen 1953.

gjort for i dette arbeide, men bukken er fremdeles utstyrt med svingbank. Interessant er det dog å legge merke til at den hengslete opplagring i stubbslede-doningens dubbe og stubbsledens smidige gang på grunn av glissen opplagring mellom banker og meier, igjen har fått sin renessanse gjennom de moderne doningkonstruksjoner. I denne forbindelse kan det være interessant å tenke tilbake på Fridtjof Nansens hundesleder som viste seg så hensiktsmessige både hva styrke og smidighet i terrenget angikk, fordi doningen var surret sammen med reimer isteden for f. eks. skrudd sammen. Noe lignende er tilfelle med de lette sleder som fremdeles er i bruk i Finnmark til transport av tømmer og ved med rein. (Fig. 2).

I det foregående har jeg vesentlig behandlet tømmertransport med hest. Hesten har vært vår trofaste trekraft så lenge vi har hatt noen tømmertransportproblem i våre skoger. Det ligger utenfor rammen av dette arbeide å diskutere hvilke hesteraser som har vært i bruk, her skal bare nevnes at den mest utbredte hest for tømmertransport i Norge, er Dølehesten. (SOLLI 1955). Denne velskikkete skogshest er også opprinnelsen til den nordsvenske skogshesten, som i dag representerer en effektiv trekraft for tømmertransporten i store deler av Sverige. (LEIJONHUFVUD 1954).

Det er rimelig at man i den senere tid også har forsøkt å dra nytte av den alminnelige tekniske utvikling ved å innføre moto-

risert trekraft under tømmerkjøring på basvei. I Skandinavian forsøkte man motorisert trekraft for tømmertransport på slede for nærmere 40 år siden. (PUTKISTO 1950). Men det var først etter at de tunge terrenggående beltetraktorer kom på markedet, at det begynte å bli fart i utviklingen på dette område. Disse traktorer var opprinnelig konstruert for ryddings- og veibyggingsarbeide, men de viste seg også hensiktsmessig til å trekke frem store lass på veier av lav kvalitet. I Norge ble de forsøksvis tatt i bruk til tømmertransport for omkring 25 år siden.

De tunge beltetraktorer har stor trekraft, men liten kjørehastighet, hvilket særlig merkes under returkjøring med tom doning. På grunn av beltenes store anleggsareal har de dessuten bra evne til å ta seg frem på ujevne sneveier, idet det spesifikke trykk mot bakken som regel er omkring $0,3\text{ kg/cm}^2$.

Betegnende for de første beltetraktor-transporter i Norge var derfor at man la vekt på traktorens evne til å ta seg frem på veier av lav kvalitet og traktorenes evne til å trekke store lass. VIKER (1939), refererer således en transport med en 6 tonns beltetraktor (80 Hk) hvor lasstørrelsen var omkring 20 m^3 fast mål. Disse lass virket for så vidt imponerende, men var likevel ikke store nok til å nyttiggjøre traktorens trekkeevne p.g.a. våre kupert veiforhold.

Til sammenligning kan nevnes at i Canada, hvor denne transportform har sin opprinnelse, og hvor de flate og jevne veier ligger bedre til rette for beltetraktortransportene, har man vanligvis anvendt betydelig større lass. Som eksempel på dette har BASTIN (1940) referert en typisk canadisk tømmertransport med 10-tonns beltetraktor. I tiden 30/10—39 til 22/3—40 fraktet denne traktor frem ca. $25\,500\text{ m}^3$ over en ca. 5 km lang vei. I hvert lass-tog etter traktoren var det gjennomsnittlig 11,6 sledepar med til sammen $96,3\text{ m}^3$ tømmer (fast mål).

Da forholdene i Norge ikke ligger til rette for så store lass, dels p. g. a. skogforholdene, har man gått over til å bruke mindre traktorer for å få utnyttet deres kapasitet. BUGGE (1945) hevder at det er uhensiktsmessig å bruke større beltetraktorer til tømmertransport enn ca. 3 tonn (fig. 3), og dessuten bør traktorene være utstyrt med differentialstyring (egentlig planethjulstyring) for å få sikker kontroll over traktoren når lasset skyver på i bratte utforbakker. Hvis styringen foregår ved å koble ut et av beltene (kløtsjstyring) blir det meget vanskelig å manøvrere traktoren i slike situasjoner,



*Fig. 3. Tømmertransport med Fowler beltetraktor.
Pasvikdalen 1953.*

Timber transport with Fowler crawler-tractor. Pasvikdalen 1953.

og den har lett for å gå i spinn. En lignende utvikling har også gjort seg gjeldende for Sveriges vedkommende (LEIJONHUFVUD 1948).

Helbeltetraktorenes hovedoppgave er å være kraftkilde for forskjellige slags terrengarbeide i skogbruket. Deres anvendelse i tømmertransportens tjeneste er for så vidt et biprodukt av denne utvikling, fordi det gjaldt å finne arbeidsoppgaver for dem også i vinterhalvåret.

Parallelt med dette har man etter hvert søkt å nyttiggjøre seg hjultraktorer til tømmertransport på basvei. Hjultraktorene er egentlig bygget for å dekke jordbrukets trekkraftbehov, og så lenge de var utstyrt med jernhjul, hadde de sin vesentlige utbredelse i jordbruket. Det ble forsøkt forskjellige metoder for å gjøre jernhjulene egnet for traktordrift på forskjellig slags terreng. WIGGINS (1927) beskriver en metode for å gi jernhjulene bedre flyteevne på bløtt underlag ved å sette tvillinghjul på traktoren. Man forsøkte også å belegge jernhjulene med et massivt gummilag.

Det var imidlertid først etter at fabrikkene Goodyear og Firestone i 1932 og Dunlop i 1933 lanserte luftfylte traktordekk at traktorene begynte å få interesse som transportmaskiner. (WILSON og HAMBLIN 1945).

I Norge begynte man å forsøke hjultraktorene til tømmertransport i årene 1935—40. I begynnelsen ble de hovedsakelig brukt til transport av mindre kvanta husbehovsvirke i gårdskogene, men samtidig begynte man å diskutere spørsmålet om en mere utstrakt anvendelse av disse traktorene i skogsdriften. (OWREN 1940).

Etter 1945 ble det fart i denne utvikling. En av de viktigste årsakene er at jordbruket har hatt en betydelig økning av sin traktorpark:

1929.....	889	traktorer
1939.....	2 831	«
1949.....	9 533	«
1955.....	ca. 30 000	«

Men dessuten har jordbrukstraktorene forholdsvis få brukstimer pr. år. Ifølge en undersøkelse av BERGLUND og KARLSON (1955) som omfatter 25 rasjonelt drevne svenske gårder med en gjennomsnittsstørrelse på 200 dekar var det 470 brukstimer pr. traktor, de stasjonære arbeider iberegnet. I betraktning av at de vanlige gårder i Norge er mindre enn dette, og at mange av gårdene dessuten disponerer hest ved siden av traktoren, kan vi regne med at de fleste av våre jordbrukstraktorer har mindre enn 350 brukstimer pr. år. Da en stor del av våre skogarealer drives i kombinasjon med jordbruk, og da det i nærheten av de store skogeiendommer oftest finnes bruk som disponerer traktor, er det rimelig at man har søkt å øke traktorenes antall brukstimer pr. år ved å anvende dem til tømmertransport i vinterhalvåret. Dette er særlig tilfelle fordi mange av de bruk som har gått over til traktordrift har vært vant til å drive i skogen i vinterhalvåret så lenge de disponerte hest på gården.

Den transportøkonomiske side av utviklingen er imidlertid av større interesse for skognæringen. På dette område har hjultraktorene vist gode tendenser når vi sammenligner dem med helbelte-traktorene. Til tross for at hjultraktorene har mindre trekkeevne enn de tyngre helbeltetraktorer, har de etter hvert gitt grunnlag for en mere økonomisk tømmertransport på basveier. I Canada

hvor forholdene stort sett ligger bedre til rette for beltetraktortransport enn hos oss, har denne utvikling blitt en realitet i løpet av de siste 10 år. (McCOLL 1951, MONTGOMERY 1951). Det samme er tilfelle i de skandinaviske land, hvor de mere hurtigløpende hjultraktorer etter hvert har gått seirende ut av konkurransen med helbeltetraktorene til tømmertransport. (FØYN 1950, PUTKISTO 1950, 1953, SAMSET 1950, 1951, 1953, von UBISCH 1955 m. fl.). Jeg ser her bort fra at helbeltetraktorene fremdeles brukes i spesielle tilfeller, f. eks. hvor det er særlig vanskelig motkjøringer, eller hvor det gjelder å forsere frem en drift under ugunstige forhold, slik tilfellet er med enkelte rotsalgsdrifter. I denne forbindelse har jeg regnet traktorer med halvbelteutstyr med under begrepet hjultraktorer. Dette gjelder 4-hjulstraktorer, idet 2 hjulstraktorer ikke blir behandlet i denne undersøkelse.

Årsaken til denne side av utviklingen kan være mange:

I de senere år har man i stigende utstrekning utstyrt hjultraktorene med dieselmotor i stedet for forgasser-motor hvilket har redusert brenselomkostningene i vesentlig grad. (SAMUELSON 1953, BERING 1955 m. fl.).

Hjultraktorene er mer hurtigløpende enn helbeltetraktorene. Dette har betydning for selve lasskjøringen, og i enda større grad for returkjøring med tom doning. Den høye transporthastighet for hjultraktorenes vedkommende motvirker mangelen ved at de har mindre trekkeevne enn beltetraktorene, noe som har større betydning jo lengre veien er.

I den siste tid har man imidlertid også kunnet øke hjultraktorenes trekkeevne ved at de blir belastet med en del av nyttelasten, hvorved man kan kjøre større lass i forhold til kjøretøyets vekt. (PUTKISTO 1950, SAMSET 1951 m. fl.). Dette er ikke tilfelle for helbeltetraktorenes vedkommende, bortsett fra en del spesialbyggede traktorer, f. eks. den russiske KT-12 traktor (de MEGILLE 1954) og den østerrikske Motormuli (HAFNER 1952). Slike traktorer har ikke vunnet innpass i norske tømmertransporter, dels p.g.a. den relativt langsomme kjørehastighet, og dels fordi spesialmaskiner faller kostbare i anskaffelse i forhold til det anvendelsesområde de har. De vil heller ikke bli behandlet i denne undersøkelse.

Hjultraktorenes største mangel var at de krevde forholdsvis gode veier. Transporten kunne bare gjennomføres på godt planerte

veier, som måtte brøytes for kjøring på vinterføre. Man har forsøkt forskjellige måter for å gi hjultraktorene større flyteevne på bløt mark og på sne, og for å gi dem ordentlig gripeeve på glatt sne.

I årene 1945—1950 ble en del hjultraktorer med 4-hjulsdrift tatt i bruk i Norge. Disse viste gode egenskaper når det gjaldt å trekke tømmerlass på veier av lav kvalitet, særlig etterat de ble utstyrt med spesielle snekjettinger. Ved å utstyre slike traktorer med tvillinghjul fikk traktorene tilstrekkelig flyteevne til å ta seg frem i løs sne når sneforholdene ikke var for vanskelige (FØYN 1951). Da de også er godt egnet til forskjellig skogsarbeid i sommerhalvåret (SAMSET 1952), har de fått en viss utbredelse i de senere år til tross for at det faller forholdsvis kostbart å utstyre dem med 4-hjulsdrift.

Av like stor interesse er den utvikling som har funnet sted for å gjøre standard hjultraktorer snegående. Dette gjelder i første rekke for et land som Norge hvor en stor del av skogbruket drives i forbindelse med jordbruk, og ideen er blitt til virkelighet ved å utstyre slike traktorer med snebelter (halvbelter).

Man har lenge arbeidet med å skaffe snebelter til hjulkjøretøyer. Franskmannen KEGRESSE, som er russer av fødsel, arbeidet med spørsmålet siden 1910, og i forbindelse med Citroën-fabrikkene bygget han en virkelig snebil. (LARSEN 1929). Snebilen hadde snebelter bak for å gi god flyteevne og stålski foran for å gi god styring i løs sne. Beltene bestod av gummireimer, belagt med tverribber av duraluminium, hvorpå det var festet gummiklosser for å minske slitasjen under kjøring på fast vei. Man kunne feste skovler på beltene for kjøring i bløt sne. Snebilens maksimale hastighet var 45 km pr. time.

I 1924 ble denne maskin prøvekjørt på Strynsfjellet i Norge, og vinteren 1929 besteg man toppen av Filefjell og Hardangerjøkulen (1876 m o. h.) med maskinen.

I 1931 ble snebilen prøvet til tømmertransport. Resultatet må ansees gunstig idet den fraktet 6,5 m³ tømmer med en hastighet av 15—20 km pr. time. (VESTBY 1931). Tiden var imidlertid ikke moden for en slik transportform, så forsøket førte ikke til noen praktiske anvendelser av tømmertransport med snebil.

I Canada gjorde man de første forsøk med sneutstyr til hjulkjøretøy omkring 1920—25, idet fransk-kanadieren Bombardier utstyrte en Ford personbil med snebelter bak og meier under for-

hjulene. (KELLY 1948). Dette var det første ledd i rekken frem til den moderne snow-mobile som i dag blir brukt bl. a. til folke- og materielltransport under vanskelige sneforhold, f. eks. på høyfjellet. Snowmobilen har styreski foran og snebelter bak. Snebeltene består av 2 gummireimer med tversgående stålribber, og de er lagt om 4 luftfylte gummihjul. Derved får snowmobilen god flyteevne, idet den spesifikke belastning mot underlaget er $0,08 \text{ kg/cm}^2$. Den maksimale kjørehastighet er ca. 60 km pr. time.

I Øst-Canada brukes snowmobilen i stor utstrekning til tømmertransport. Resultatene har vært gode på grunn av snowmobilens høye transporthastighet og evne til å ta seg frem på billige sneveier (SILVERSIDES 1948, SAMSET 1950). KELLY (1948) har redegjort for resultatene av tømmertransporter med 35 snowmobiler i Price Brothers Company Ltd. vinteren 1947—48, og som et eksempel på en typisk snowmobiledrift refereres følgende data: Det ble brukt 3 doninger, hvorav en var koblet til snowmobilen, mens de to øvrige stod stille for på- eller avlessing. Veien var 3,7 km lang, med maksimal stigning i lassretningen ca. 50 ‰ og i tomkjøretningen ca. 100 ‰ . Den gjennomsnittlige lass-størrelse var $7,1 \text{ m}^3$ fast mål, og gjennomsnittshastigheten 22 km/time med lass og 28 km/time med tom doning. Det ble gjennomsnittlig kjørt 17 turer pr. 7 timers dag, hvilket tilsvarer et transportkvantum på ca. 120 m^3 pr. dag.

Da snowmobilene er kostbare spesialmaskiner som bare kan brukes i vinterperioden, har de ikke fått noen anvendelse til tømmertransport i Norge. Indirekte har de imidlertid betydd meget for utviklingen på dette område. Man søkte nemlig å overføre snowmobilens transportegenskaper til vanlige hjultraktorer, idet disse ble utstyrt med halvbelter etter samme prinsipp som snowmobilebeltene. (SAMSET 1950). Etter initiativ av Det norske Skogforsøksvesen, ble tre slike beltesett tatt hjem fra Canada for prøving vinteren 1950—51. For ytterligere å overføre snowmobilens egenskaper til hjultraktoren, ble det konstruert spesielle traktorski som ble montert på traktoren i stedet for forhjulene. (Skogforsøksvesenets traktorski). Disse forsøk falt meget heldig ut, dels fordi de gav traktoren muligheter til å ta seg frem under forholdsvis ugunstige sneforhold, og dels fordi man fikk utnyttet billige standard jordbrukstraktorer til en høyst rasjonell tømmertransport på vinterføre. I de siste 5 år har derfor denne transportmåte fått

stor utbredelse i Norge, og vi har søkt å gjøre slikt utstyr tilgjengelig for de fleste typer av vanlige hjultraktorer.

Traktordoningene var til å begynne med en etterligning og oppdimensjonering av hestetransportens geitdoning. Først i årene etter 1945 kan vi merke en utvikling av betydning på dette område.

Traktordoningene må tåle vesentlig større belastning enn hestedoningene. Så lenge man brukte stiv forbindelse mellom meier og banker, fikk doningene derfor voldsomme påkjenninger når de passerte veiens ujevnheter. Selv meget robuste og jernbeslåtte doninger tålte ikke påkjenningen, og ble brutt i stykker. Det var derfor nødvendig å gå over til hengslet opplagring mellom meier og banker, slik at meiene kunne beveges uavhengig av hverandre i vertikalplanet. Derved fulgte de terrengujevnhetene uten at doningene ble utsatt for vesentlige påkjenninger, og samtidig oppnådde man indirekte fordelene med en redusert friksjonsmotstand mellom meier og kjørebane. I denne forbindelse bør bemerkes at de gunstige erfaringer man her fikk for traktordoningenes vedkommende, også har gitt impulser for den fremtidige utvikling av hestedoningene.

Til å begynne med brukte man vanlig drag mellom doning og traktor, uten å belaste traktoren ved hjelp av lasset. Dette var hensiktsmessig så lenge man brukte tyngre helbeltetraktorer til transporten. Disse traktors store trekkeevne gjorde det imidlertid påkrevet å frakte flere lass etter hverandre i form av lasstog. Med impulser fra Canada ble det derfor konstruert spesielle doninger for lasstogs-transport. Her er alle sleder like store og forsynt med svingbank. De er forbundet med avstands-stang og krysskjetting, slik at de sporer etter hverandre i kurvene. Da denne transportform stiller store krav til veiens stigningsforhold, har den ikke fått særlig stor utbredelse i Norge.

I de første hjultraktortransporter brukte man grovdimensjonerte geitdoninger uten at traktoren ble belastet fra tømmerlasset. Det viste seg snart at hjultraktorene var for lette til å trekke så store lass som motorstørrelsen gav grunnlag for under transport på snevei. Man begynte derfor å konstruere doninger som overførte en del av tømmerets vekt til traktorens trekkrok, slik at trekkhjulene fikk tilstrekkelig belastning til å trekke lasset uten særlig sluring. I dette arbeide har man fulgt to fremgangsmåter. Det er bygget doninger etter semitrailerprinsippet, idet de bare er utstyrt

med meiepar bak. Doningrammens forende hviler på traktorens trekkrok. En annen fremgangsmåte bygger videre på geitdoningens prinsipp. Den forreste lastebank hviler omtrent midt på draget mellom bukken og traktorens trekkrok, slik at denne blir belastet med en del av tømmerets vekt, dog ikke så meget som for semitrailerens vedkommende. Man har også utstyrt geitdoningen med påløpsbrems for kjøring i bratte utforbakker. Geitdoningen anvendes mest for større skogdrifter fordi den sporer bedre etter traktoren enn semitraileren, og fordi man kan lesse større lass uten at traktoren blir belastet med mere enn den vekt fabrikantene tillater.

Den utvikling av tømmertransportene som er beskrevet i det foregående gjelder tømmertransport på vinterføre. Sneveiene har også gjennomgått en utvikling i overensstemmelse med de anvendte transportmidler, i første rekke hva veibredde, kurvatur og veiens stigningsforhold angår.

Det samme er tilfelle med vintervedlikeholdet av veiene. For hestetransportens vedkommende har selve transporten utført den viktigste del av vedlikeholdet, idet tømmerlassene etter hvert pakket til veiene, så sneen ble fast å kjøre på. Oppkjøringen og vedlikeholdet har i stor utstrekning hatt tilfældighetens preg, idet man begynte kjøringen med små lass, og øket lasstørrelsen etter hvert som veien ble tilkjørt. I store snefall måket man vekk en del av sneen, eller benyttet seg av forskjellige typer, ofte hjemmelagete og primitive brøyteploger. Hvor veien gikk over bløtere underlag, f. eks. ufrossen myr, var det vanlig å trække foran hesten, så denne hadde et visst underlag når den kjørte opp veien. Dette var i virkeligheten en form for snepakking eller kombinasjon av snepakking og brøyting. Vi kan derfor slå fast at de snepakkete veier er av meget gammel dato, selv om snepakkingsmetodene var primitive. Denne oppkjørings- og vedlikeholdsmetode har vært den mest vanlige helt til den senere tid (SOLLI 1955).

I de siste 10 år har man begynt å ta i bruk nye og forbedrete metoder for vintervedlikeholdet av hesteveiene. Man har begynt å kjøre opp og pakke veiene med snegående traktor, og man har tatt i bruk brøyteploger for hestebasveier.

Etter store snefall har det lett for å danne seg staup på hesteveiene. WERGELAND (1947) beskrev en metode for vedlikehold av slike veier ved hjelp av slådding for å motvirke staupdannelse. Slådden var opprinnelig laget av skogbestyrer Oddmund Eid, men

er ellers av samme type som lenge har vært brukt bl. a. i Sverige og Canada. (KOROLEFF, WALKER and STEVENS 1943).

I 1949 ble slådden utformet videre av Det norske Skogforsøksvesen, og disse slåddtyper vinner etter hvert innpass som et viktig ledd i vedlikeholdet av våre hesteveier.

De snepakkete traktorveier ble først tatt i bruk i forbindelse med tømmertransport med helbeltetraktor. Denne utvikling har sin opprinnelse i Canada, (KOROLEFF 1943), men kom til oss via Nord-Sverige (LEIJONHUFVUD 1948). Man kjører opp veien med beltetraktor etterat det er kommet sne, mens den vesentligste del av vedlikeholdet blir utført av selve tømmertransporten, idet sneen blir tilpakket under kjøringen etter hvert som den faller på veien i vinterens løp. Veidekket holdes jevnt og plant ved hjelp av traktorslådd.

Til å begynne med ble hjultraktortransportene utført på brøytede veier. De stilte derfor store krav til en god opparbeidelse av veien på barmark. Siden hjultraktorene i løpet av de siste 5 år er blitt utrustet med sneutstyr, er det blitt mulig å anvende også disse traktorer til tømmerkjøring på snepakkete veier. (SAMSET 1950 og 1951). Da disse veier kan bygges billig på barmark, da vintervedlikeholdet blir billig, og da transporten kan utføres effektivt med en traktorpark som allerede befinner seg i landet, er tømmertransport med hjultraktor på snepakkete traktorveier blitt en transportform som øker raskt i omfang i norsk skogbruk (von UBISCH 1955).

Den historiske oversikt som er gitt ovenfor er ført helt frem til i dag. Tømmertransportens utvikling i Norge har gått meget raskt de siste 5—6 år, delvis på grunn av de erfaringer vi har høstet under de undersøkelser som det her skal redegjøres for, og som ble satt i gang i 1949. Jeg har derfor måttet berøre en del av de praktiske resultater undersøkelsen har gitt, allerede i den historiske oversikt.

12 FORMÅLET MED UNDERSØKELSEN

Enhver transportform består av et transportmiddel, og en transportbane. Transportmidlet har til oppgave å frakte produktet, og forflytningen langs transportbanen skjer ved hjelp av en kraftkilde. Under basveikjøring er doningen transportmiddel, mens hesten eller

traktoren representerer kraftkilden. Veien er transportbanen. Det er en intim transportteknisk sammenheng mellom de tre faktorer. En endring i en av dem fører som regel til endringer av de andre faktorer.

Transportteknikkens mål er å gjøre transporten så arbeidsbesparende, effektiv og billig som mulig. Dermed er den et ledd i reduksjonen av de samlede driftsomkostninger, så produksjonens nettoavkastning kan øke. Alle de tre faktorer, nemlig transportmidlet med dets kraftkilde på den ene side og transportbanen på den andre er derfor hjelpemidler til å nå dette mål. Dette gjelder også de transportøkonomiske kalkyler som den transporttekniske utvikling danner grunnlag for. Her må man alltid velge den transportmåte, eller med andre ord den kombinasjon av transportmiddel, kraftkilde og transportbane som gir skogproduktene den største nettoavkastning.

Det er vanlig å skille mellom den interne og den eksterne transport i en bedrift. Når man legger en bedriftsmessig synsvinkel på skogbruket, er den interne transport skogproduktenes forflytning mellom det sted trærne hogges og skoggrensen. Med skoggrensen mener jeg i denne forbindelse virkets leveringssted der hvor langdistansetransporten begynner. Den eksterne transport blir langdistansetransporten fra leveringsstedet til industritomt. Hvis skogen har egen industri innenfor sin grense f. eks. et sagbruk, blir det ingen ekstern transport for sagtømmerets vedkommende.

Sammenlignet med andre næringsgrener, f. eks. jordbruk eller industri, skiller skogbruket seg ut ved at produksjonen foregår spredt utover forholdsvis store arealer. Skogbrukets interne transport må derfor foregå langs relativt lange veier, og det gjelder å forgrene veinettet slik at man kan transportere størst mulig del av skogproduksjonen med minst mulig lokale transportomkostninger. Man står altså overfor valget mellom flere transportmåter, samt å fordele disse hensiktsmessig i forhold til hverandre utover skogarealene. Følgende faktorer er av betydning for valget av transportmåte og veitype: Skogens bonitetsforhold og skogtilstanden, terrengforholdene, omkostningene ved anskaffelse av transportmidler samt transportbanens kostende, transportmidlets og transportbanens varighet og vedlikeholdsutgifter, samt de direkte transportutgifter.

I denne undersøkelse skal jeg behandle den del av skogens interne tømmertransport som faller mellom tømmerlunnene i

skogen og velteplassene ved bilvei eller annet leveringssted. Undersøkelsen er begrenset til tømmerkjøring på vinterveier med hest eller hjultraktor i vanlig skogsterreng. Bratt utforkjøring i sterkt kupert terreng holdes utenom denne undersøkelse.

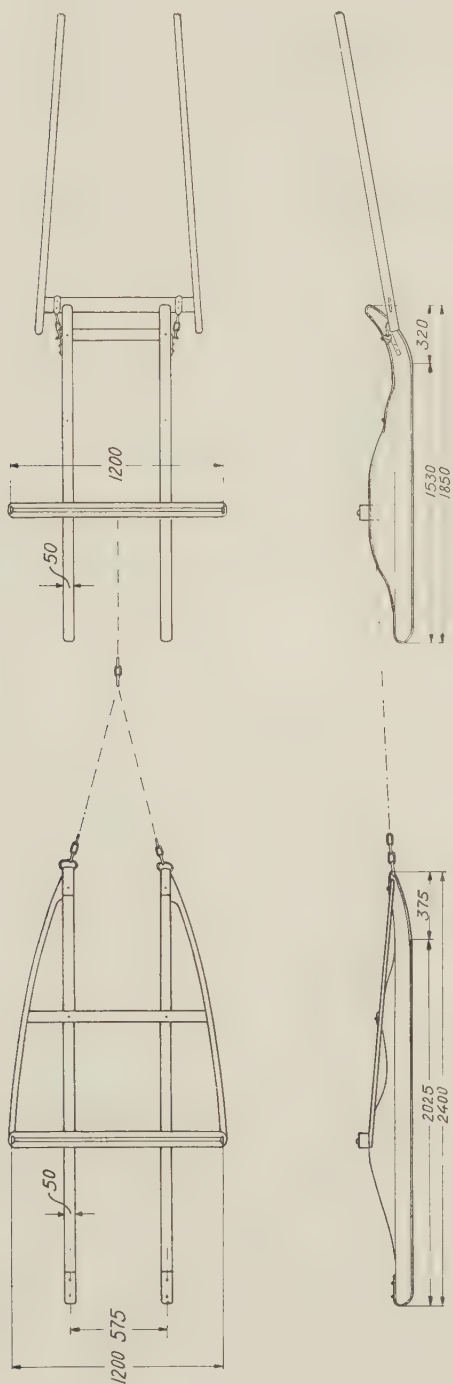
Undersøkelsens formål er å gi en generell transportteknisk analyse av de transportmidler og transportbaner som her kommer på tale for å finne frem til en hensiktsmessig kjøreteknikk under varierende skog-, klima- og terrengforhold. Dessuten skal jeg på grunnlag av detaljerte arbeidsundersøkelser søke å belyse transportkapasitetens variasjon med skog-, klima- og terrengforholdene.

13 UNDERSØKESENS OMFANG

Markarbeidet begynte vinteren 1948/49 og ble avsluttet vinteren 1953/54. De to første år undersøkte vi tømmertransport på vinterbasvei med hest, og de 4 siste år var viet tømmertransport på vinterføre med hjultraktor.

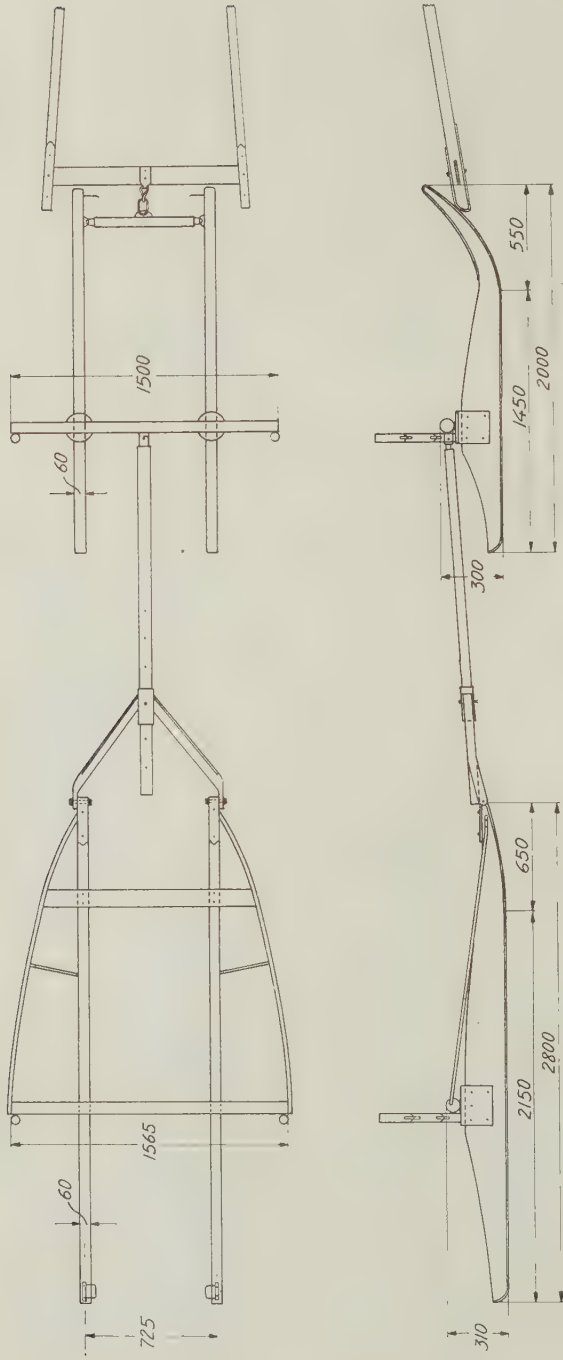
Hestetransportforsøkene ble utført på Løvås hos Treschow-Fritzøe. Det medvirket 2 dølehester som gjennomsnittlig veide 595 kg. Begge hestene var godt trenet og gode skogshester. Til tømmertransporten brukte vi en vanlig norsk doningstype, Moelv-doning nr. 144. (Fig. 4). Den har stiv forbindelse mellom meier og banker og svingbank på bukken. Forbindelsen mellom bukk og geit er en Y-formet kjetting. Hestedraget er festet til bukken med tve-drott, og det er stiv forbindelse mellom dragets skokler og tverrtre. For å sammenligne denne doning med en doningstype som representerer de siste fremskritt på dette område i Sverige anskaffet vi gjennom Värmlands Skogarbetsstudier den nye VSA-doning. (Fig. 5). Her er bankene hengslet til meiene. Meiene kan derfor bevege seg uavhengig av hverandre i vertikalplanet. Bukken har ikke svingbank, så svingingen oppnås ved at bukkens meier er king-boltopplagret til banken. Geita er koblet til bukken ved en avstandsstang. Hestedraget er festet til bukken med endrott, og det er hengslet forbindelse mellom skokler og tverrtre.

For også å sammenligne den norske doningstype med den finske utvikling på området, anskaffet vi en god finsk hestedoning etter anbefaling fra Metsäteho i Finland. Den finske doning (fig. 6) har meget til felles med den svenske Norrbottenkälken.

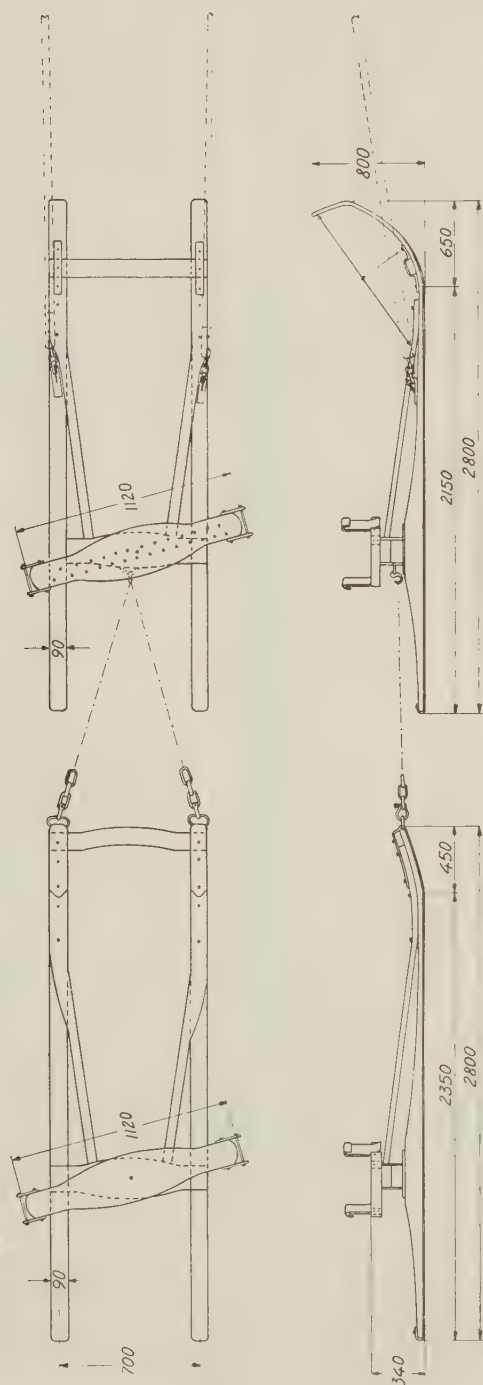


Moelv-daning nr. 144 for hest.
Moelv twinsted nr 144 for horse.

Fig. 4.

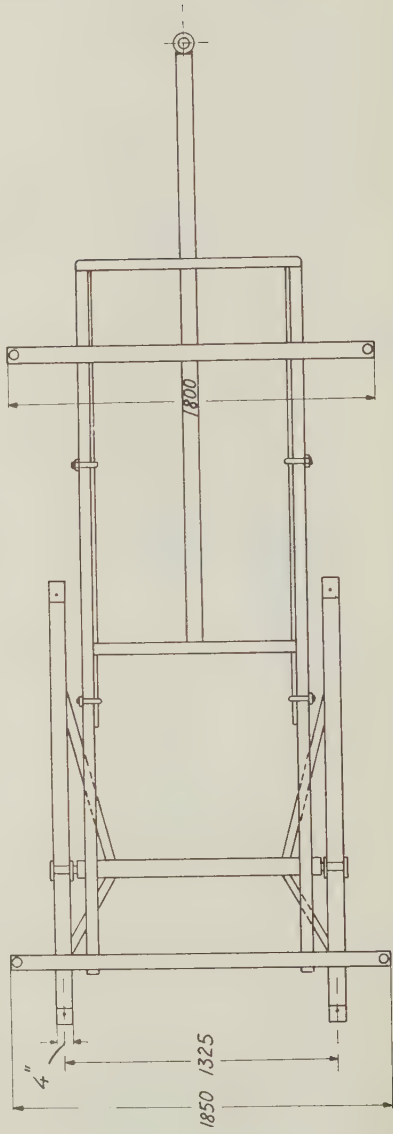
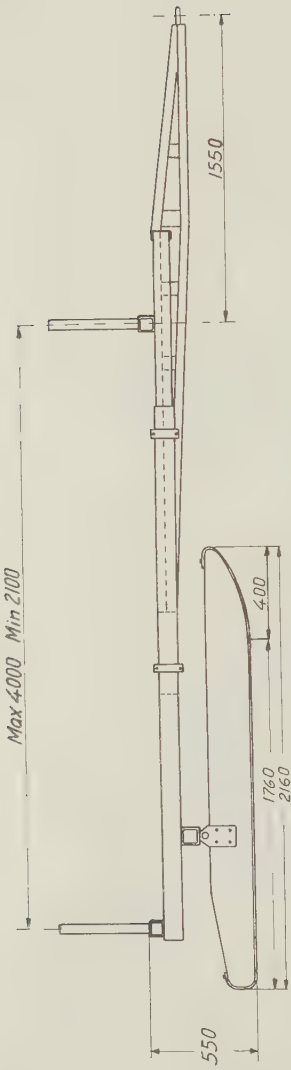


V.S.A.-donning for hest.
V.S.A.-twinsled for hest.
Fig. 5.



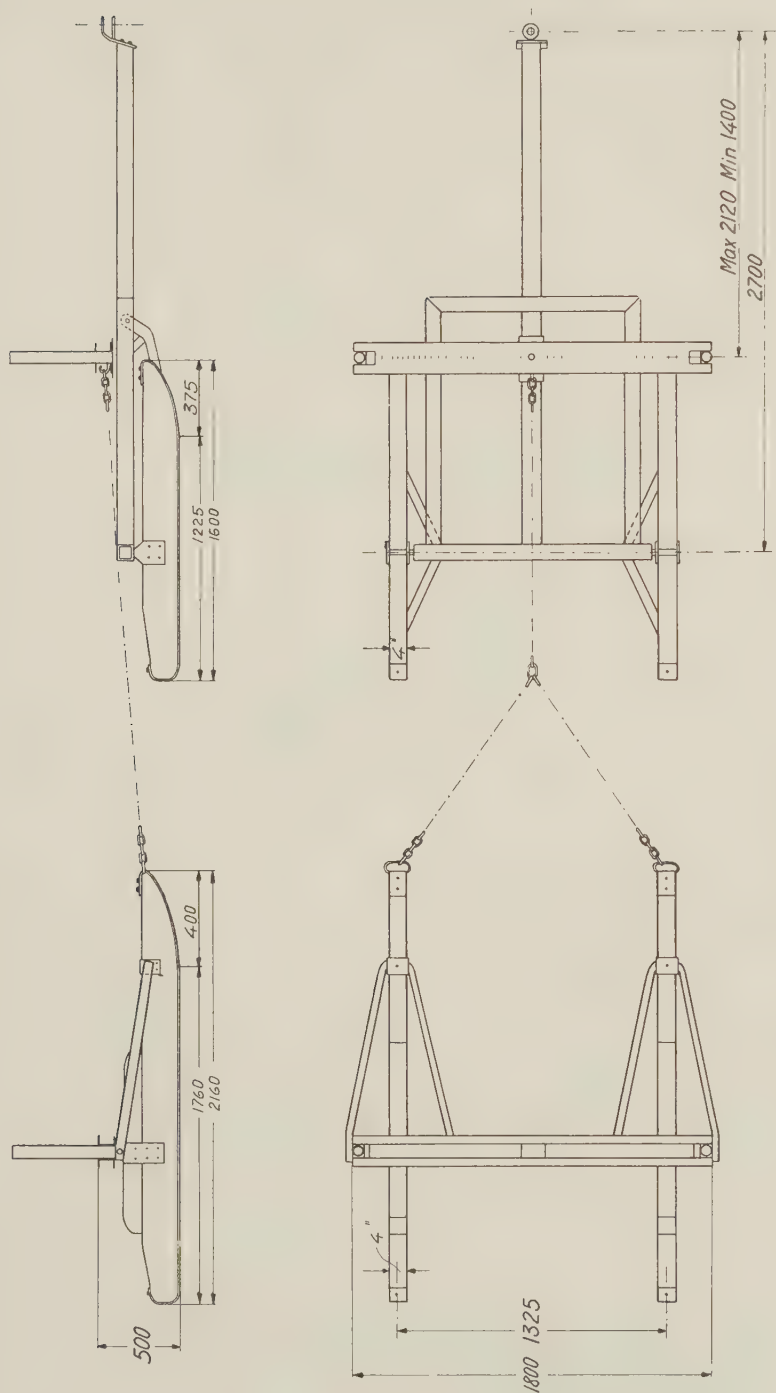
Finsk doning.
Finsk twinstled.

Fig. 6.



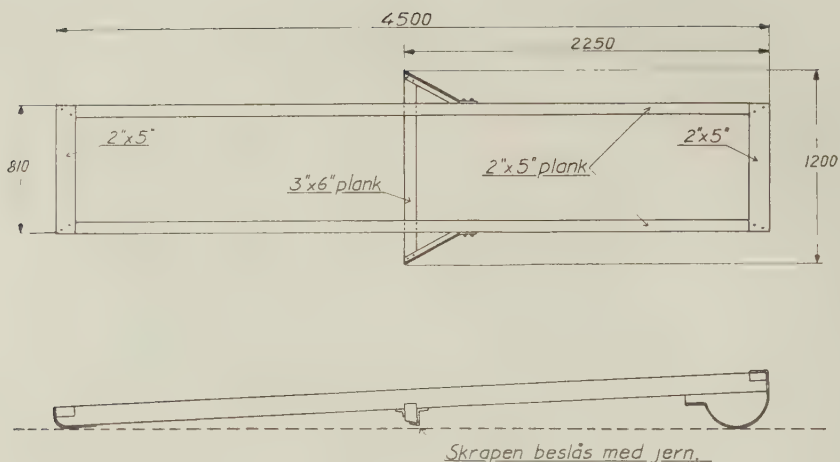
Sesam-doning for traktor.
Sesam trailer-sled for tractor.

Fig. 7.



Moelv-doning nr. 154 for traktor.
Moelv twinsled nr. 154 for tractor.

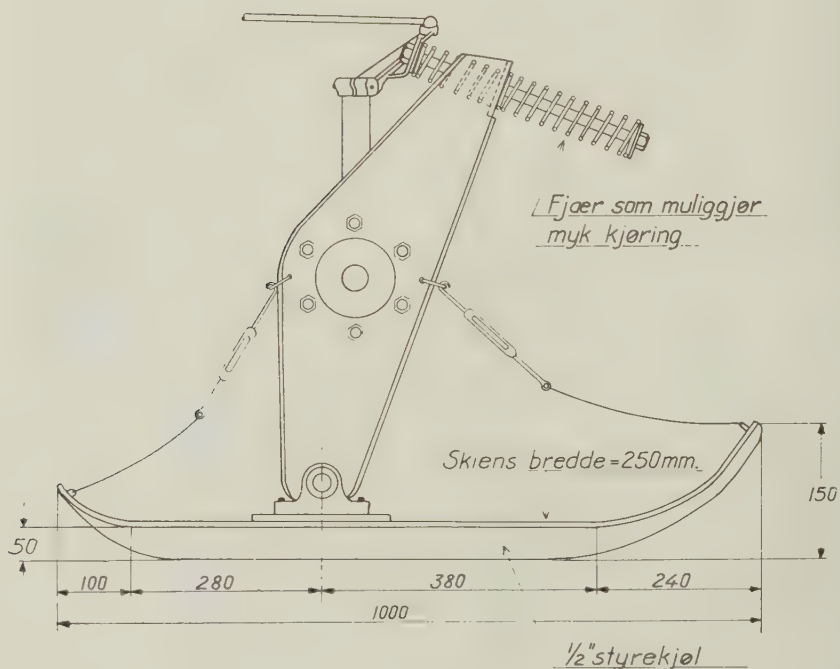
Fig. 8.



Skogforsøksvesenets hesteslådd.

Snowgrader for horseroads. Constructed by
The Norwegian Forest Research Institute.

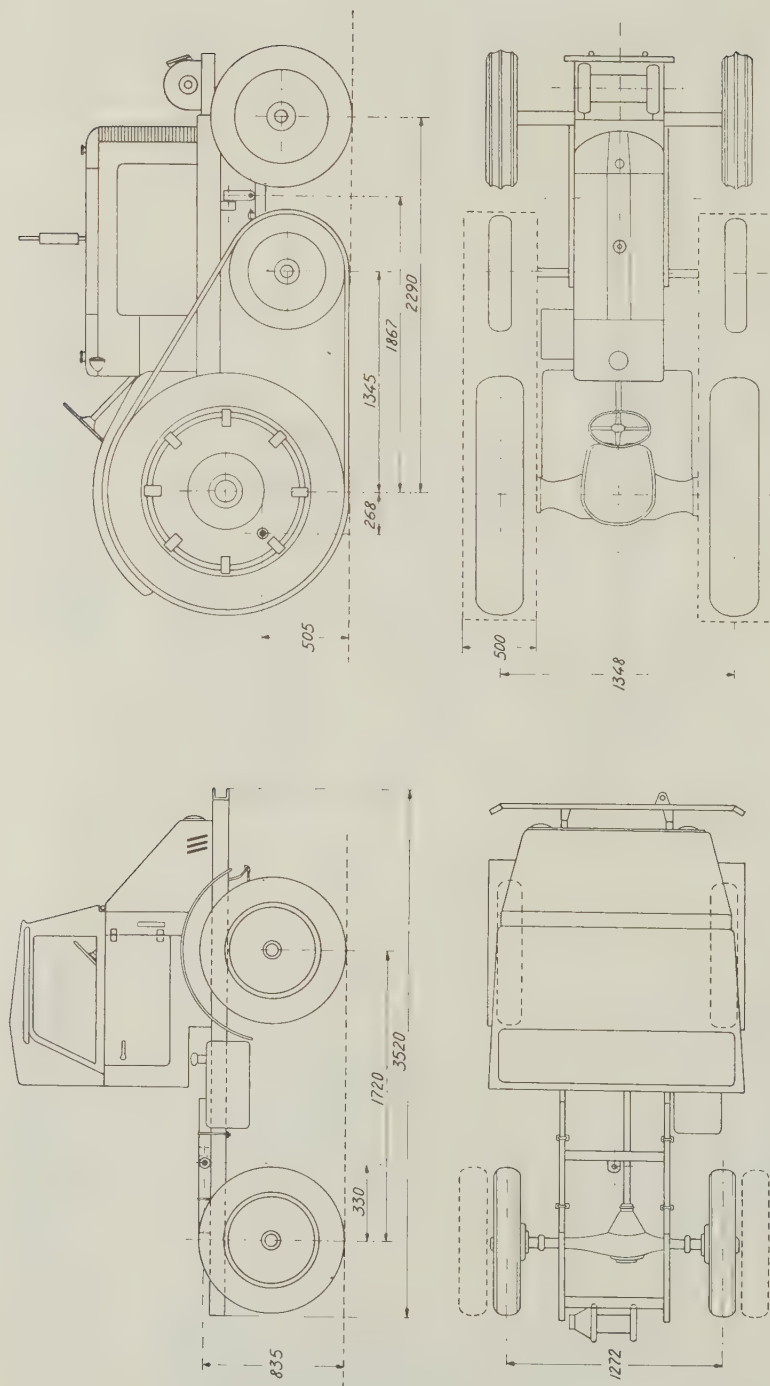
Fig. 9.



Skogforsøksvesenets traktorski

Tractorski. Constructed by The Norwegian
Forest Research Institute.

Fig. 10.



Unimog traktor med fire hjuls-drift.
Unimog tractor with four wheel-drive.

Fig. 13.

Bolinder Munkteill B.M.36 traktor med halvbelter.
Bolinder Munkteill B.M.36 tractor with halftracks.

Fig. 14.

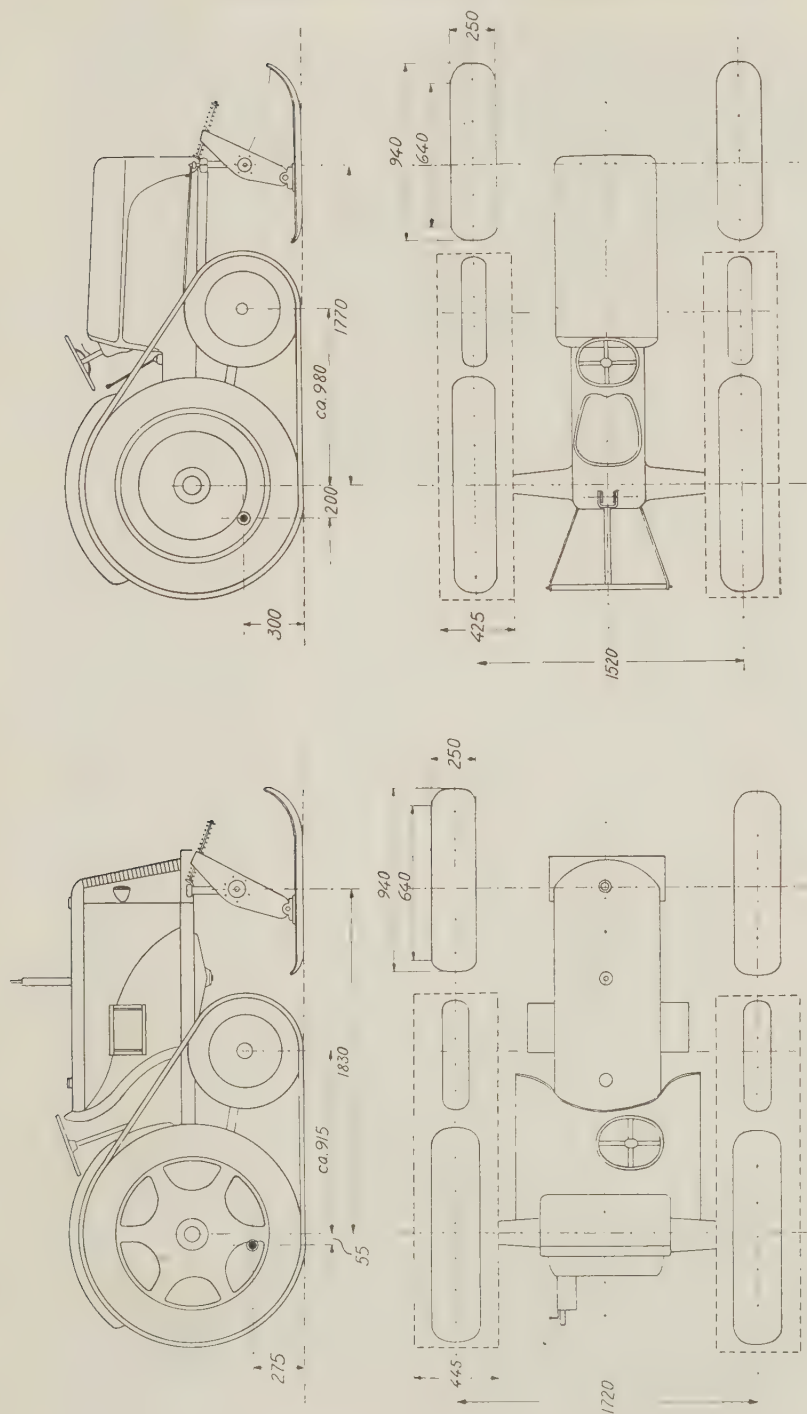


Fig. 15.

David Brown Super Diesel traktor med halvbelter og traktorski.
David Brown Super Diesel tractor with halftracks and tractor-skis

Fig. 16.

Ferguson TE-A-20 traktor med halvbelter og traktorski.
Ferguson TE-A-20 tractor with halftracks and tractor-skis

Man har oppnådd en viss bevegelighet i meiene ved hjelp av elastiske konstruksjoner, idet meiene er meget tynne, og består av sammenlimt trevirke. Både bukk og geit har svingbank, og forbindelsen mellom bukk og geit er en V-formet kjetting. Skoklene er meget tynne og mangler tverrtre. De er uavhengig av hverandre festet til hver av de to bukkemeier. På grunn av bukkens elastiske konstruksjon blir hestedraget mindre stivt enn det norske, men ikke så ledig som VSA-doningens hestedrag. I motsetning til Moelv-doning er både VSA-doning og den finske doning utstyrt med lastestaker.

Forsøksveiene ble valt ut etter befarings av en rekke veier, og samtidig ble de nødvendige veiforbedringsarbeider planlagt. Tømmeret ble lunnet på barmark i høstperioden og klosslagt på underlag direkte på bakken. Alle lunner lå langs veien i skråhelling på veiens overside.

Til å begynne med ble vintervedlikeholdet utført ved brøyting. Til dette formål konstruerte vi en spesiell brøyteplog, bygget på erfaringer fra Sverige og Finnland. Samtidig eksperimenterte vi med slådding av veien, og de gunstige resultater slåddingen gav, gjorde at vi stoppet de videre eksperimenter med Skogforsøksvesenets brøyteplog for tømmerveier. I steden fortsatte vi eksperimentene med hestslådden, hvilket resulterte i konstruksjon av Skogforsøksvesenets hestslådd (fig. 9), som ble brukt til vintervedlikehold av forsøksveiene den siste del av vinteren 1948/49 og hele vinteren 1949/50.

Hver hest og doning ble betjent av en kjører uten medhjelper. Han arbeidet også alene med på- og avlessing. Transporten ble studert av tre studiemenn, en tidsstudiemann, en mann til måling av trekk- og trykkrefter under kjøringen og en som kuberte lassene og veiet tømmeret. Dessuten beskrev han sneforholdene og temperaturen i veien og foretok en del spesielle målinger av staupdannelse i veien.

Vinteren 1950/51 fortsatte vi med undersøkelser over tømmertransport med hjultraktor i Solbergskogen, Løten Almenning. Da denne vinter ble særlig snerik i Drangedal og på Sørlandet, foretok vi en supplerende undersøkelse etter vinteren 1951 på en traktorvei i Jysereid i Drangedal. Vi ønsket her å studere hjultraktorens brukbarhet under ekstraordinært vanskelige sneforhold.

På grunnlag av de erfaringer jeg høstet i Øst-Canada 1950 (SAMSET 1950) importerte vi tre sett Bombardier snebelter. Disse

ble montert på tre Fergusontraktorer (fig. 16), da de på det daværende tidspunkt bare var tilgjengelig for Ford og Fergusontraktorene. For å få mest mulig av snowmobilens egenskaper overført til hjultraktorene konstruerte jeg noen traktorski til å erstatte forhjulene på traktoren. (Fig. 10). Til å begynne med var disse utstyrt med en 15 mm høy styrelist, men for å oppnå effektiv styring ble styrelistens høyde øket til 50 mm. To av disse traktorer ble brukt i Løten og en i Jysereid.

I Løten brukte vi også en 4-hjulsdrevet Stiertraktor, for å studere hvorledes 4-hjulsdriften (uten belteutstyr) egnet seg på snepakket vei. Det viste seg imidlertid at denne traktor hadde mange barnesykdommer som senere er eliminert ved de nye og forbedrete modeller fabrikken har sendt på markedet. Ved senere undersøkelser prøvde vi andre typer firehjulsdrevne traktorer, og de resultater vi høstet med dem viste seg å være tilstrekkelig til å vise 4-hjulsdriftens virkning. Da det materiale vi samlet inn fra kjøringen med Stiertraktoren ikke bidrar til å øke kjennskapet til virkningen av 4-hjulsdrevet traktor på snepakket vei, og dessuten de innsamlete tidsstudier ikke lenger har praktisk interesse, dels fordi de øvrige traktorer dekker hele det aktuelle størrelsesområde for hjultraktorer, og dels fordi fabrikken har sendt helt nye traktorer på markedet, blir det ikke redegjort for resultatene fra Stiertraktoren i denne undersøkelse.

Det ble brukt to typer traktor-doninger som begge var konstruert slik at en del av lassets vekt ble overført til traktorens bakaksel. Den ene var Sesamdoningen (fig. 7) som bygger på semitrailer prinsippet. Doningen har bare et meiepar, idet forenden av doningen og lasset hviler på traktorens trekkrok. Den andre var Moelv-doning nr. 154 (fig. 8) som bygger på geitdoningens prinsipp, men forreste lastebank ligger litt bakenfor midten av draget mellom bukken og traktorens trekkrok. Bukken er utstyrt med en påløpsbrems og er dessuten utstyrt med svingbank. Geita er forbundet med bukken ved en Y-formet kjetting. I løpet av forsøksdriften ble disse doninger bygget om flere ganger. Vi eksperimenterte med meibredde, lastebankens bredde og søkte å komme frem til hensiktsmessige utslagbare staker. Videre viste det seg nødvendig å gå over til hengslet opplagring mellom meier og banker, for at doningene skulle bli holdbare, samtidig som friksjonsmotstanden ble redusert.

Veiene som ble tatt ut under befaring på barmark var dels bygget som enkle vinterbilveier og dels som hesteveier. Under befaringen planla vi de veiforbedringsarbeider som måtte gjøres, dog slik at vi varierte grundigheten av disse arbeider langs veien for å få erfaring om hvor god planering som måtte til for en snepakket traktorvei. Mesteparten av tømmeret ble hogget og lunnet frem til traktorveien etter hvert som transporten skred frem. I Løten ble det bygget gode lesseramper, beliggende ca. 1/2 meter høyere enn den snepakkete veibane. I Jysereid hvor tømmeret var ukappet ble det fremlunnede tømmer lagt direkte på sneen ved siden av veien. Jysereid-transporten var for så vidt et gjennomført eksempel på en dårlig planlagt drift.

I Løten hadde hver traktor sin kjører uten medhjelper, men det var alltid to mann om på- og avlessingsarbeidene, idet kjørerne hjalp hverandre. I Drangedal hadde kjøreren en medhjelper. I Løten deltok det 2 tidsstudiemenn, samt en mann til måling av trekk- og trykkreftene mellom traktor og doning. Dessuten hadde en mann til oppgave å utføre sne- og temperaturmålinger. Tømmerlassenes vekt ble registrert av tidsstudiemennene.

Traktorveiene i Solberg og i Jysereid var typiske snepakkete veier. Fergusonstraktoren med snebelter og traktorski kjørte opp veiene, og det ble ikke brukt sneplog. En unntagelse er den nedre del av traktorveien i Løten som ble kjørt opp en gang like etter første snefall om høsten med en liten helbeltetraktor, for å få frosset til en del av myrstrekningene under veibanen.

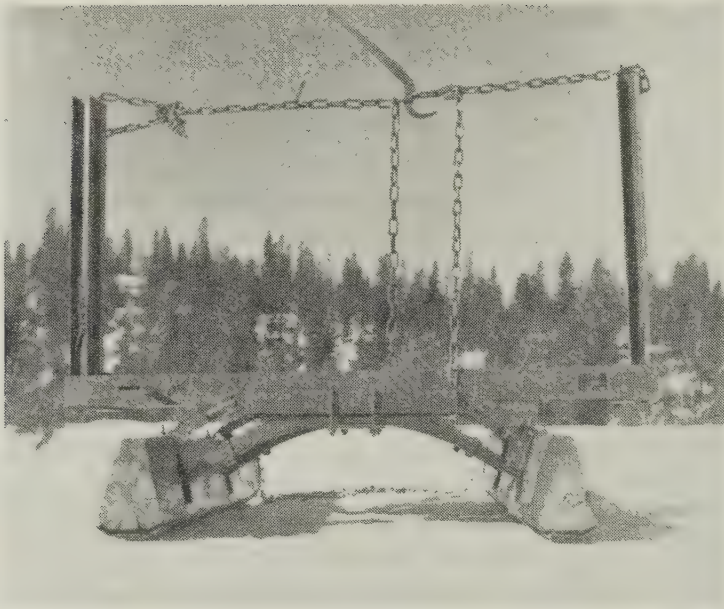
For å holde jevn kjørebane ble veien slåddet. Til dette formål konstruerte vi en traktorslådd som ble forbedret i løpet av forsøkene (fig. 11).

På noen flate myrstrekninger langs traktorveien i Løten ble det lagt ut en del prøvebaner. På disse utførte vi målinger av friksjonsforhold mellom traktorens drivhjul (eller snebelter) og snebane og dessuten målte vi traktorenes rullemotstand.

Vinteren 1951/52 fulgte vi utviklingen av det snepakkete veidekke på 4 veier i Siljan og 2 veier i Lardal. Vi undersøkte også 2 traktorveier på Hadeland, men da det ikke ble nevneverdig sne på disse veier, gav målingene ingen resultater av betydning for utviklingen i et snepakket veidekke. På disse veier brukte man hjultraktorer med sneutstyr til snepakking og transport, samt

Skogforsøksvesenets traktorsladd for å oppnå en jevn kjørebane. Undersøkelsen ble utført av to studiemenn som stadig ambulererte mellom veiene. Samtidig utførte vi en del målinger på 3 prøvebaner på Ås. 2 prøvebaner var lagt på is på Årungen, den ene helt nedbrøytet og den andre med 10 cm fastkjørt snedekke. Den tredje prøvebane var en snepakket vei på fastmark. På prøvebanene undersøkte vi en Ferguson og en David Brown traktor, begge med snelbelter og traktorski. På en forsøksdoning lesset vi 4 prøvelass av forskjellig tyngde som ble trukket etter tur av traktorene i løpet av vinteren. Vi undersøkte friksjonsforhold mellom de drivende hjul (eller belter) og kjørebane. Videre målte vi traktorenes rullemotstand med og uten belter, og dessuten doningens startfriksjon, eller den trekraft som går med for å rykke løs lass av varierende tyngde etter at det har stått en viss tid på veidekke av forskjellig temperatur. I prøvebaneforsøkene medvirket det 3 studiemenn.

Vinteren 1952/53 foretok vi en undersøkelse på to traktorveier på Sollihøgda hos Løvenskiold-Vækerø. Her ble det brukt 5 hjultraktorer, hvorav 3 bakhjulsdrevne i forskjellige størrelsesklasser og 2 firehjulsdrevne. Det var en Ferguson- (fig. 16) og en David Brown traktor (fig. 15), begge med snelbelter og traktorski, samt en Bolinder Munktell traktor (fig. 14) med snelbelter. Dessuten brukte vi en MAN firehjulsdrevet traktor (fig. 12). Denne ble kjørt med og uten tvillinghjul. Det samme var tilfelle med en Unimog firehjulsdrevne traktor (fig. 13), som særlig ble tatt med i forsøket på grunn av traktorens spesielle konstruksjon, idet det er mulig å plasere trekkfestet foran traktorens bakaksel, slik at vekten fra nyttelasten kan overføres både til traktorens forhjul og bakhjul. Det ble benyttet 3 doningstyper, nemlig Moelvdoning nr. 154, (fig. 8), Sesam doningen (fig. 7) og dessuten en ny doningstype konstruert spesielt for forsøket, nemlig Falkdoningen. Denne var bygget etter geitdoningprinsippet på samme måte som Moelvdoning nr. 154. Den hadde 25 cm brede meier, men meistålets tverrsnitt var trapesformet så bare en bredde av 7,5 cm berørte bakken på fast vei. Det mest interessante ved doningen var at hver av sledenes meier var forbundet med 2 solide bladfjærer. Dette gav doningen en meget bløt og smidig gang på veien, særlig under kjøring av tunge lass. Både bukk og geit var utstyrt med



*Fig. 17. Falks traktordoning. Bakslede.
Falk twin-sled for tractor. Rear sled.*

svingbank og utslagbare staker. (se fig. 17). Bukken var forbundet med geita ved hjelp av avstandsstang og krysskjetting. Dette gav doningen meget god styring.

Veien var bygget som traktorvei på barmark. Den ene av dem, (Svartvatn-veien) var solid bygget, mens den andre (Ormekollmyra) var lett bygget, idet den vesentlig bestod av en uthogget gate i skogen med mindre avrettinger enkelte steder.

Vintervedlikeholdet ble utført som en kombinasjon av snepacking og slådding. Til slådding anvendte vi også her Skogforsøksvesenets traktorslådd. Tømmertransporten ble utført med en traktor og doning av gangen, idet vi skiftet ny traktor eller doning hver dag. En kjører med medhjelper utførte denne transport.

De øvrige traktorer ble undersøkt på to prøvebaner, en snepakket prøvebane på Ormemyra og en snefri isbane på Svartvatn. På prøvebanene brukte vi 4 forsøksklass av forskjellig vekt på en forsøksdoning. Både prøvelassene og lassene i tømmertransporten ble veiet ved hjelp av en brovekt montert i veibanen.

I forsøkene medvirket det en tidsstudiemann og en mann som kuberte og veide tømmeret. Videre var 3 studiemenn beskjeftiget med måling av friksjons- og sluringsforhold, rullemotstand og startfriksjon mellom meier og snebane. Sneforholdene i og utenfor den snepakquete vei ble dessuten registrert gjennom hele vinteren av to mann.

Vinteren 1953/54 foretok vi en supplerende undersøkelse av friksjons- og sluringsforholdene mellom snebelter og veibane på en prøvebane i Ås. Prøvebanen var laget som en snepakket vei på fastmark. I denne undersøkelsen medvirket det 3 studiemenn.

I denne serie undersøkelser ble det brukt forskjellige fabrikkmerker av hestedoninger, traktordoninger og traktorer. Disse er valt ut for å gi en mest mulig generell analyse av de konstruksjonstyper eller maskinstørrelser som er aktuelle for tømmerkjøring med hest eller hjultraktor på vinterbasveg. De enkelte maskiners eller doningers prestasjoner har mindre interesse i og for seg. Undersøkelsen er ingen prøvedrift av enkeltmaskiner. Det er maskinens konstruksjon eller størrelse, sammenlignet med de øvrige maskiner som interesserer. Jeg har derfor søkt å legge undersøkelsene slik opp, at det gir et mest mulig generelt bilde av denne transportteknikk, så materialet også kan brukes til vurdering av andre maskiner, eller nye konstruksjoner som måtte dukke opp.

Spesifikasjoner over de undersøkte veier, doninger og traktorer fremgår av tabellene I—IV.

I tabellene V—XIII har jeg sammenstillet data angående størrelsen av det innsamlete materiale. Alt i alt omfatter undersøkelsen følgende observasjoner:

Antall tidsstudier for tømmerkjøring med hest.....	1708
Antall tidsstudier for tømmerkjøring med traktor	6564
Antall tidsstudier for returkjøring med traktor	5160
Antall kraftmålinger under tømmerkjøring med hest	5999
Antall kraftmålinger under tømmerkjøring med traktor ...	13397
Antall kraftmålinger under returkjøring med traktor	5663
Antall stokker som inngår i tidsstudiet over pålessing	6352
Antall målinger av friksjon mellom drivhjul og veibane ...	1009
Antall rullemotstandsmålinger	2241

2 PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

Heste- og traktorveiene ble som tidligere nevnt tatt ut på bar-mark høsten før transportene fant sted. Vi stakk opp veiene så de bestod av rette linjer eller deler av sirkelbuer, og samtidig planla vi eventuelle veiforbedringer. Under stikkingen noterte vi alle kurveradier og målte opp nøyaktig lengdeprofil med angivelse av stigningsforholdene. Dette ble også gjort etterat det snepakkete veidekke hadde stabilisert seg, og på partier der vintervedlikeholdet etter hvert endret lengdeprofilet ble målingen gjentatt flere ganger i løpet av vinteren.

For hver 10-meter av hesteveiene og 20-meter av traktorveiene ble det satt opp et avstandsmærke, en meter høy pøle med nummerplate på toppen. Platene var nummerert fortløpende fra nedre endepunkt av veien og malt med så store bokstaver at de var lett å lese fra tømmerlasset når dette passerte. I brattere utforbakker hvor tømmerlasset fikk stor hastighet, ble avstanden mellom pølene øket forat det skulle bli tilstrekkelig tid for studiemannen til de målinger som fant sted under transporten mellom hvert avstandsmærke.

Så snart veidekket hadde stabilisert seg, ble veien delt inn i forsøksstrekninger. Etter en del prøveturer med lass ble forsøksstrekningene justert, idet de ble valt ut slik at forholdene var noenlunde konstante langs forsøksstrekningen, hva kurvatur, stigningsforhold og veidekke angår.

Mellom forsøksstrekningene ble det lagt ut overgangsstrekninger. Dette var strekninger der lassets kinetiske energi ville påvirke hastigheter eller kraftmålinger, f. eks. i overgangen fra en bratt utforbakke til horisontal vei. Strekninger langs veien hvor forholdene var småkupert og uensartet ble også lagt ut som overgangsstrekninger. Fig. 18 viser et eksempel på en slik inndeling fra traktorveien i Løten 1951. Her er strekningen 312—314 og 314—318 forsøksstrekninger, mens 310—312 er overgangsstrekning.

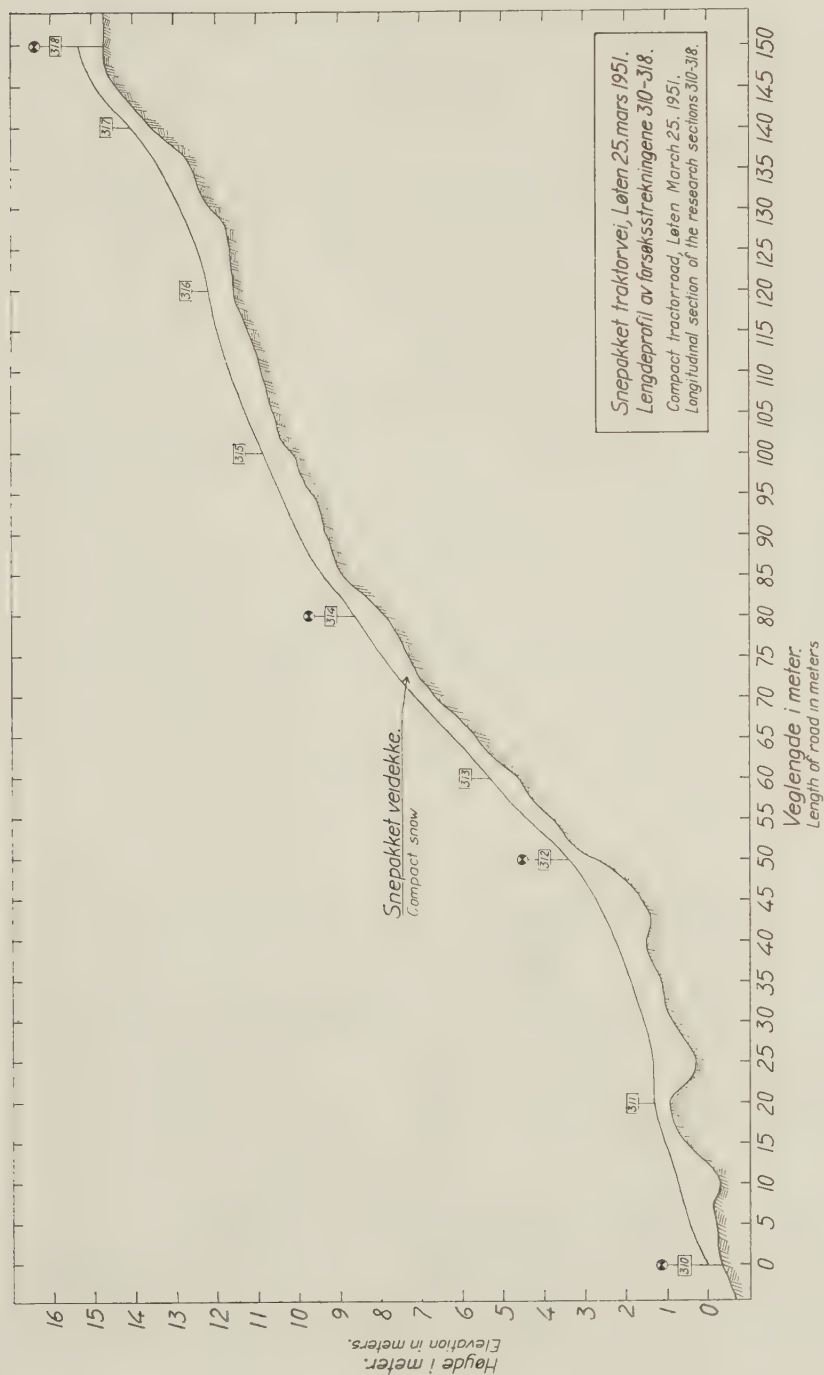


Fig. 18.

Ved veienes øvre og nedre ende ble det laget ordentlige rundkjøringer til og fra lunne- og velteplassene. Vi tok hensyn til muligheten for å plasere rundkjøringsveier i terrenget under valg av lunne- og velteplasser. Rundkjøringene ble lagt slik, at lunnene og veltene lå langs en rett strekning på veien, og slik at lasset ble stående i svak utforbakke. Dermed oppnådde vi reduksjon av tiden for snuing, samtidig som det var lett å sette transporten i gang etter pålessing. Det var også lett å plasere doningen riktig i forhold til lunnene eller veltene.

Som tidligere nevnt ble en del av forsøkene gjennomført på spesielle prøvebaner. Disse ble lagt på horisontale strekninger langs veien og utenom denne, så transporten ikke skulle hindres av prøvebaneforsøkene. Prøvebanene var dels snepakkete veier som ble lagt på horisontale flate myrstrekninger og dels isbaner, som ble lagt på islagte vann. De snepakkete prøvebaner ble behandlet på samme måte som den snepakkete vei (se senere), og isbanene ble holdt rene for sne med vanlig snebrøyting. Prøvebanene var 100-150 meter lange og oppmerket med avstandsmerker. Før og etter prøvebanene var det en 40—50 meter lang innkjøringsvei, slik at forholdene kunne holdes konstante under kjøring langs prøvebanen. Dette var særlig viktig ved rullemodstandsmålingene hvor hastigheten viste seg å påvirke resultatet.

Undersøkelsen kan deles i to hovedavsnitt, nemlig *metodestudiet* og *arbeidsstudiene*.

Metodestudiet hadde til oppgave å finne frem til den riktige transportteknikk ved de forskjellige transportmetoder, samt å sammenligne transportmetodene ut fra en transportteknisk synsvinkel. Metodestudiet artet seg dels som en praktisk eksperimentering med de undersøkte maskiner og redskaper, og dels som en teknisk analyse av de enkelte faktorer som påvirker transportteknikken. Derved søkte vi å komme frem til generelle resultater som kan brukes til vurdering også av andre maskiner og redskaper enn de som deltok i undersøkelsen.

Arbeidsstudienes oppgave var gjennom tidsstudier å undersøke prestasjonene for de transportmetoder som krystalliserte seg ut under metodestudiene. Derved fikk vi grunnlag for å sammenligne de forskjellige transportmetoders prestasjoner, samtidig som vi skaffet til veie materiale for en driftsøkonomisk vurdering av transportmetodene.

21. METODESTUDIETS GJENNOMFØRING

Den praktiske del av metodestudiet som omfattet uteksperimentering av utstyr til transporten og til vintervedlikehold av veiene, ble utført i samarbeid med forskjellige mekaniske verksteder. Etter en del prøving av doninger og maskiner utarbeidet vi konstruksjonstegninger, og forbedringene ble gjennomført i overensstemmelse med disse. Slike forbedringer måtte oftest gjøres i flere trinn, og resultatet av eksperimenteringen er gitt i og med forbedring av de maskiner og redskaper som de enkelte fabrikanter har sendt på markedet. Disse eksperimenteringer gjaldt i første rekke hesteplog for brøyting av vintervei, hestegladd og traktor-gladd, utslagbare staker for doninger, hengslet opplagring mellom doningenenes meier og banker, traktorski, sneribber til halvbelter for traktor, samt traktorfester. Med unntagelse av Fergusontraktoren måtte vi bygge nye trekkfester på traktorene, så disse ble liggende så langt innunder eller foran traktorens bakaksel som mulig. For MAN-traktorens vedkommende laget vi et spesielt traktorfeste med fjæropphenging, forat sjokkpåkjenningene på traktoren f. eks. ved løsrykking av lass ikke skulle bli for store. Det uteksperimenterte utstyr deltok så i den videre del av metodestudiet og undersøkelsen for øvrig. I avsnittet om undersøkelsens omfang er vist hvilket utstyr dette gjelder.

I tilfelle der vi var i tvil om hvilket utstyr som gav best resultat tok vi med flere alternativer i undersøkelsen. Dette gjorde vi i alle tilfelle der utstyret var en nødvendig bestanddel av den undersøkte transportteknikk. Vi tok f. eks. både med geit-doning og semitrailer for traktortransport. Et annet eksempel som gjaldt en og samme transportteknikk var spørsmålet om riktige sneribber til halvbeltene. Her tok vi med flere typer sneribber eller gripeklør i undersøkelsen, fordi en praktisk bedømmelse ikke var tilstrekkelig for å avgjøre hvilke typer som var å foretrekke, og fordi spørsmålet er av interesse ut over de spesielle snebelter som ble tatt med i denne undersøkelse.

For gjennomføring av den videre (generelle) del av metodestudiene var det nødvendig å skaffe til veie en del instrumenter. Da trekkraften spiller en stor rolle for undersøkelser av denne type (friksjonsforhold, rullestand, prestasjoner m. v.) ble dette spørsmål viet særlig oppmerksomhet.

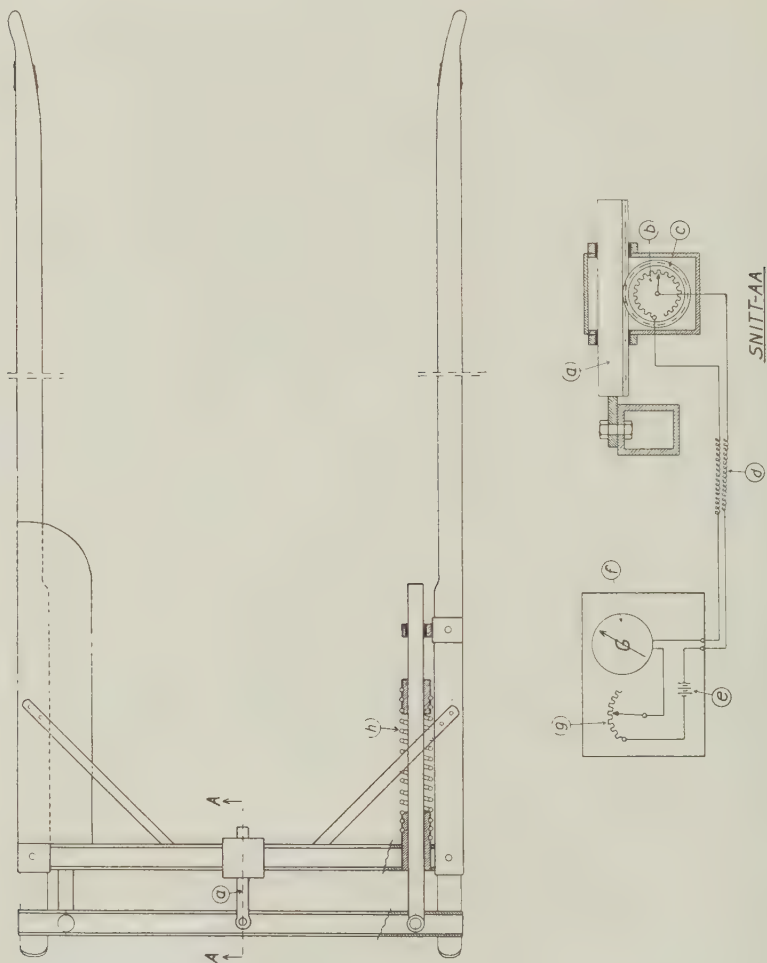


Fig. 19. Skogforsøksvesenets strekkmåler for hestetransport.
 Dynamometer for horse transport. Model: Norwegian Forest Research Institute.

- | | |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| a. Tannstang.
Toothed bar. | b. Motstandsspole
Resistance coil. |
| c. Tannhjul
Gear wheel. | d. Elektisk ledning
Electric wire. |
| e. Batteri
Battery. | f. Galvanometer.
Galvanometer |
| g. Reguleringsmotstand
Compensating resistance. | h. Spiralfjær.
Coil spring. |

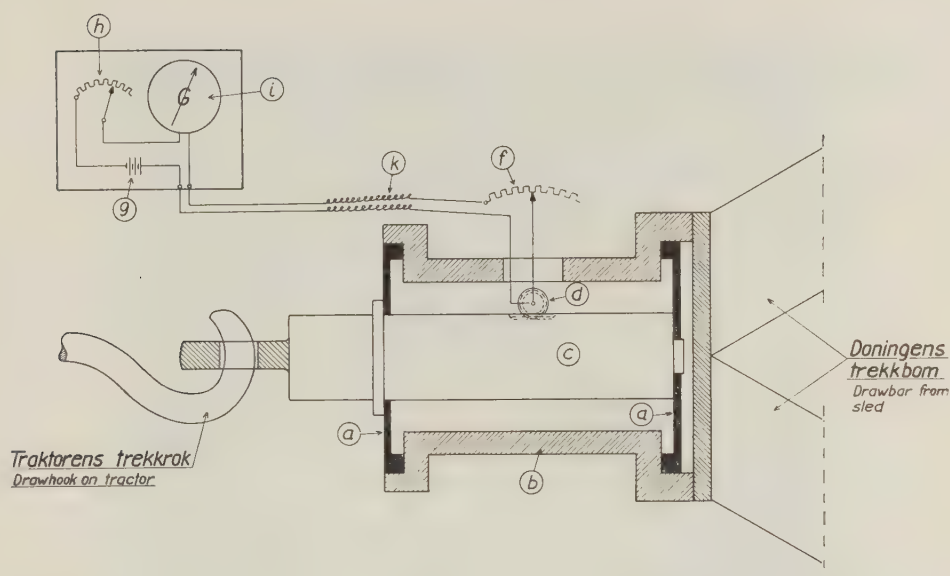
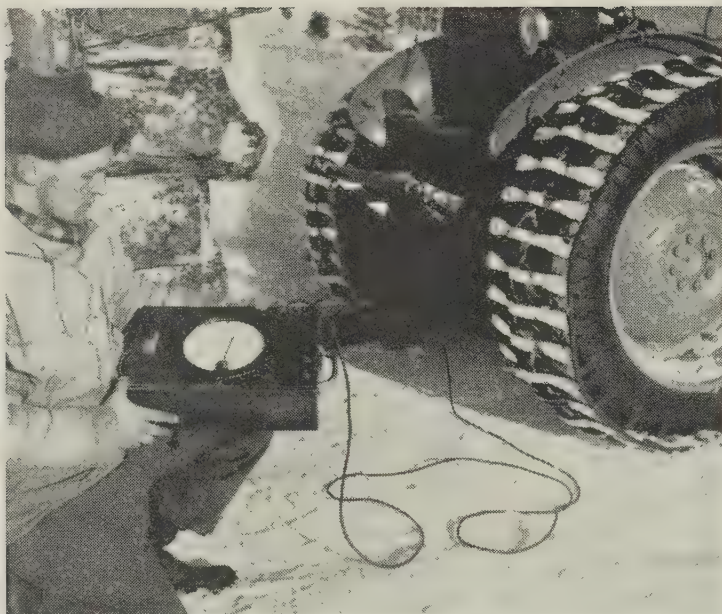


Fig. 20. Skogforsøksvesenets strekkmåler for traktortransport.
 Dynamometer for tractor transport. Model: Norwegian Forest Research Institute.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| a. Stålmembran.
Steel membrane. | b. Sylindrisk hus.
Cylindrical housing. |
| c. Aksel festet til stålmembranene.
Axle fixed to the steel membranes. | d. Tannhjul.
Gear wheel. |
| f. Motstandsspole.
Resistance coil. | g. Batteri.
Battery. |
| h. Regulermotstand.
Compensating resistance. | i. Galvanometer.
Galvanometer. |
| k. Elektrisk ledning.
Electric wire. | |

For hestetransport konstruerte vi en spesiell strekkmåler innbygget i hestedraget (se fig. 19). Den bestod av to spiralfjærer, hvis utslag ble overført via tannhjul og tannstang til en elektrisk motstand. Denne stod i forbindelse med et avlesningsinstrument med en elektrisk ledning. Ved å sende strøm fra batteri gjennom motstanden, kunne spenningen avleses på et galvanometer. Da batterispenningen varierer med levetiden, ble den justert ved en reguleringsmotstand. Under målingen foretok studiemannen en slik regulering med jevne mellomrom, idet han først regulerte batterispenningen så avlesningsnålen plaserte seg ved 0-merket, for der-



*Fig. 21. Skogforsøksvesenets strekkmåler for traktor.
Tractor dynamometer. Model: Norwegian Forest Research Institute.*

etter å foreta selve målingen. Instrumentet var konstruert slik at dette kunne gjøres med et enkelt håndgrep.

Før strekkmåleren ble tatt i bruk og med jevne mellomrom i løpet av undersøkelsen, ble avlesningsinstrumentet kalibrert så man kunne avlese trekkraften eller trykkraften i kg. Under kalibreringen viste det seg at instrumentets avlesningsfeil var mindre enn $\pm 1\%$.

Kraftmålinger under traktortransport er mer komplisert. For å få full utnyttelse av traktoren må nemlig doningens trekkbom belastes for å øke traktorens vekt ved hjelp av nyttelasten. Dette innebærer at trekkbommen blir utsatt for en bøyepåkjenning som varierer med lasstørrelse, lessemåten og med stigningsforholdene i veien. Problemet er å finne en hensiktsmessig strekkmåler, som eliminerer bøyepåkjenningen slik at vi bare får utslag for trekk- og trykkrefter i strekkmåleren.

Vi løste dette i samarbeid med A. M. Erichsens instrumentfabrikk på følgende måte: (Se fig. 20 og 21). Trekk- og trykkraften registreres av to sirkelformete parallelle stålmembraner. I periferien er de festet til et sylinderformet hus, og i sentrum til

en stålaksel. I stålakselens ene ende er det et øye for opphenging i traktorens trekkrok, mens det sylinderformete hus er festet med skrueforbindelse til doningens trekkbom. Instrumentet kunne derfor festes til trekkbommene på de doninger undersøkelsen omfattet. Det er godt sammenbygget, og virker som en forlengelse av trekkbommen.

Bøypåkjenningen (M_d) i doningens trekkbom ved instrumentet kan dekomponeres i et kraftpar, hvor kreftene går igjennom instrumentets membraner, vinkelrett på retningen av trekk- eller trykk-kraften som skal registreres:

$$M_d = B_t \cdot l_1 = B_s \cdot a$$

Da kraftparets krefter (B_s) står vinkelrett på trekkraftens retning, vil deres komponenter i trekkretningen bli null. De vil altså ikke volde noen instrumentfeil (se fig. 22).

Når instrumentet registrerer en trekk- eller trykk-kraft, vil membranene bøye seg ut til den ene eller annen side. Dette utslag er imidlertid lite i forhold til membranenes diameter. Ved en trekk-kraft på 1500 kg er utslaget $\delta = 0,8$ mm. (Membranenes diameter er 204 mm). I dette tilfelle går altså kraftparets krefter ikke gjennom membranene og gir en liten kraftkomponent i trekk-kraftens retning. Da denne komponent går i motsatt retning på oversiden og undersiden av membranene, og da kraftparets krefter dessuten går i hver sin retning ved de to membraner, vil bøypåkjenningens kraftkomponenter i trekkretningen motvirke hverandre. Heller ikke i dette tilfelle volder bøypåkjenningen noen instrumentfeil. Forutsetningen for dette resonnement er at akselen gjennom membranene holder seg i trekkretningen, eller med andre ord at membranene ikke gir etter når instrumentet utsettes for bøypåkjenning. Dette er naturligvis bare tilnærmet tilfelle, og størrelsen av forskyvningen avhenger av membranenes dimensjonering. Ved den anvendte strekkmåler var denne instrumentfeil ikke merkbar.

Instrumentets utslag blir overført gjennom elektrisk ledning til et galvanometer på samme måte som for strekkmåleren til hestetransport. Derved kan studiemannen sitte på tømmerlasset og lese av kreftene.

Under kalibreringen av instrumentet ble dette utsatt for bøypåkjenninger, så vi fikk kontrollert at disse ikke gav noen instrumentfeil. Instrumentets feilgrense viste seg å være ± 1 %, men

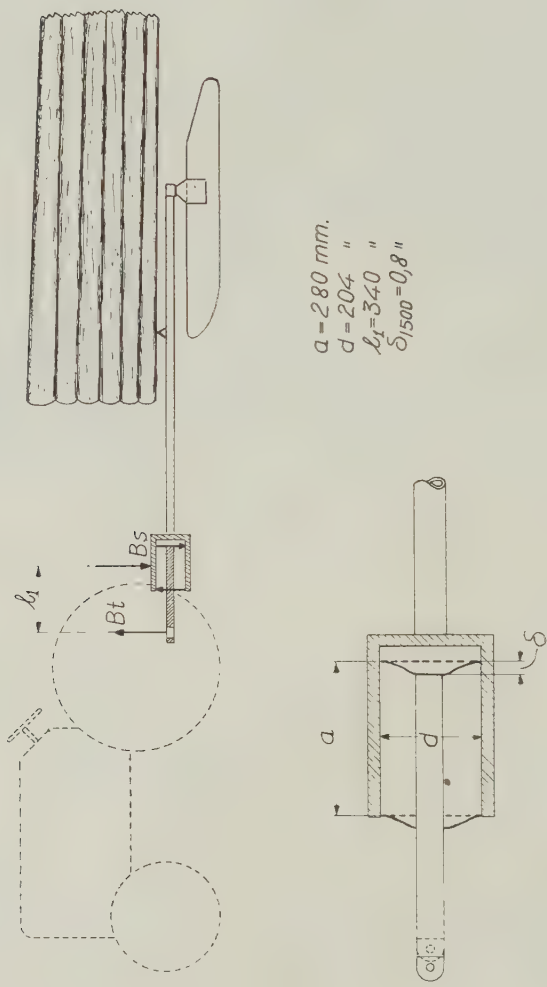


Fig. 22.

gav ikke sikre resultater for trekk- eller trykk-krefter mindre enn 50 kg. I de tilfeller vi måtte regne med så små krefter, f. eks. under rullemotstandsmålingene, brukte vi derfor vanlige strekkmålere, basert på en fjærende ring. Disse kunne dog ikke registrere trykk-krefter, og gav instrumentfeil ved bøyepåkjenninger, så de kunne bare brukes for regulært strekk.

Under transporten ble tømmeret kubert med kubikk-klave. Med jevne mellomrom ble dessuten tømmeret veid, for å få greie på tyngden av tømmerlassene. Under hestetransporten veide vi de enkelte stokker i lasset. Til dette brukte vi først en stor bismeryekt montert på et stativ. For at arbeidet skulle gå raskere konstruerte vi en spesiell vekt innebygget i en vanlig tømmeraks. (Se fig. 23). Derved kunne veiingen skje samtidig med pålessingen. Ved å løfte stokken i begge ender med to veiesakser fremkom stokkens vekt som summen av vektene i de to stokkender, idet avlesningen skjedde samtidig.

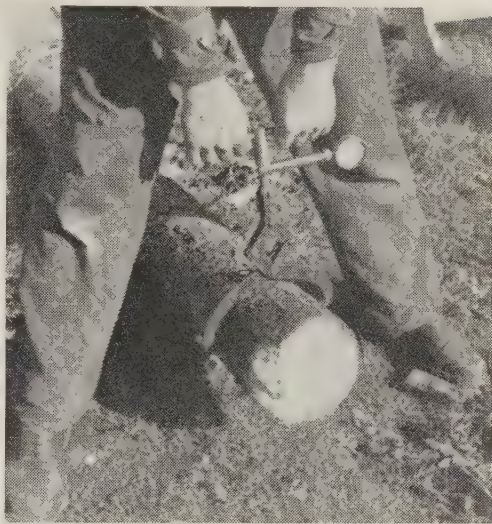


Fig. 23. Skogforsøksvesenets veiesaks.
*Weighing tongs. Model: Norwegian Forest
Research Institute.*



Fig. 24. Skogforsøksvesenets brovekt.
*Weighbridge. Model
Norwegian Forest
Research Institute.*



Fig. 25. Måling av snetemperatur.
Gauging of snow temperature.

Under traktortransport var det også nødvendig å finne hvorledes lassets vekt fordelte seg på doningens meier og på traktoren. Hos A. M. Erichsens instrumentfabrikk fikk vi derfor laget en transportabel hydraulisk brovekt. (Se fig. 24). Ved hjelp av denne kunne vi finne vekten under hver aksel eller hvert meiepar. Den totale vekt fremkom derfor som summen av alle akseltrykk. Tømmerlassets vekt fremkom som differensen mellom lastet og ulastet traktor med doning.

De øvrige instrumenter som ble brukt i undersøkelsen vil bli nevnt under de enkelte avsnitt.

211 Snemålinger.

Som tidligere nevnt er transportteknikken avhengig av transportbanen — sneveien — på den ene side og transportmidlet på den annen. Snemålingene representerer derfor en viktig del av undersøkelsen.

Ved hver av veiene ble det lagt 2—4 observasjonsstasjoner, for å få et gjennomsnitt av sne- og temperaturvariasjonene langs veien. Her målte vi lufttemperatur og temperaturen i 1 cm dybde i det snepakkete veidekke. Disse faktorer ble målt kl. 8, 14 og 18. Dessuten ble de målt hver gang et tømmerlass passerte observasjonsstasjonene.

Snetemperaturen ble målt med kvikksølvtermometere (jordtermometere) som stod fastfrosset i veidekket ved temperaturstasjonene hele vinteren (fig. 25). Luft- og snetemperaturen på det tidspunkt lasset passerte et avstandsmerke i veien fremkom ved interpolering mellom de foretatte observasjoner.

Hver morgen ble snedybden og døgnets snetilvekst [ø: dybden av den sne som falt siste døgn] observert. Under transporten ble dessuten sneforholdene i veidekket beskrevet som gjennomsnitt for hver forsøksstrekning. Her noterte vi:

Veidekke: Vurderingen refererer seg til det bærende veidekkets karakter ved meiesporene.

1. Løst snedekke.
2. Fast snedekke.
3. Is.
 - a. Helt jevnt dekke.
 - b. Småknudret dekke.
 - c. Sterkt ujevnt dekke.

Sne på veidekket: Ligger der et lag nysne oppå det tilkjørte veidekke, noteres tykkelsen i cm.

Snetype: Vurderingen refererer seg til det øverste veidekke eller sneen oppå veidekket.

1. Løs nysne.
2. Middelskornet sne (diameter mindre enn 1,5 mm).
3. Grovkornet gammel sne (diameter større enn 1,5 mm).
 - a. Tørr sne.
 - b. Våt sne.

Kornsammenheng:

1. Sne Kornene er sammenfrosset.
2. Sne Kornene ligger løst i forhold til hverandre.

Sammenpressing: Meienes nedsynkning i veidekket målt i mm.

Lignende observasjoner ble også utført ved prøvebanene. Ved siden av disse målinger undersøkte vi utviklingen i det snepakkete



*Fig. 26. Sneprofilmåling i vei.
Measurement of snow-profile on road.*

veidekke. Målestasjonene for dette øyemed ble lagt ut på veiene i Løten og Drangedal 1951, Siljan og Lardal 1952 og Sollihøgda 1953. De lå på forholdsvis ensartete strekninger av veien. Med 2—3 ukers mellomrom ble det gravet opp en grøft tvers over veien, og ned i telelagets dybde under sneen. (Fig. 26). Her ble sneen undersøkt med 10 cm mellomrom fra bakken opp til veidekkets overflate. Slike serier av målepunkter ble tatt for hver 50 cm fra veiens midtlinje og ut til siden av veien. I hvert målepunkt ble gjort følgende observasjoner:

1. Snetemperatur med kvikksølvtermometer, med 1/10 grads nøyaktighet.
2. Snevolumvekt, idet vi tok ut en sneprøve ved hjelp av en tynnvegget stålsylinder (fig. 28).
3. Sneens bæreevne målt med proctor nål (fig. 29).
4. Snekornerenes diameter (fig. 30).



*Fig. 27. Sneprofilmåling utenfor vei.
Measurement of snow-profile outside road.*

5. Beskrivelse av snekrystallenes utviklingsgrad, størrelse og pakkingsgrad. Dette ble utført etter en klasseinndeling foreslått av BUCHER 1948, med den unntagelse at vi innførte en egen betegnelse for hardpakket sne, og en betegnelse for våt grovkornet og oppsmuldret sne som danner seg oppå veien under nedbrytingen om våren. (Se tegnforklaringen til sneprofilene side 415).

Ved siden av veiprofilet la vi et profil i den uberørte sne utenfor veien (fig. 27), hvor vi foretok de samme observasjoner. Ved målestasjonene ble også snedybden, snetilveksten og lufttemperaturen målt.

Hvert snelags tykkelse (høyde fra bakken) ble målt med 50 cm mellomrom fra veiens midtlinje og ut til siden. Samtidig målte vi tykkelsen av telelaget i bakken. Etter hver observasjon ble grøften fylt igjen og avmerket. Neste observasjon ble utført i en



Fig. 28. Måling av snevolumvekt.
Measurement of snow-density.

ny grøft ca. 2 meter fra forrige målested. Dette ble gjort for ikke å forstyrre sneens utvikling på målestedet.

Sneens bæreevne i kg/cm^2 ble som nevnt målt med proctornål. Denne observasjon ble bare utført på traktorveien på Sollihøgda 1953. Da vi ønsket å finne bæreevnen ved 2 og 5 cm nedsynkning av nålen konstruerte vi en spesiell proctornål for dette formål.

(Se fig. 29 og 31). Nålen er festet til en målering med måleur. Den øvre ende er festet til en stang for å presse nålen ned i bakken. Til stangen på oversiden av måleringen er det festet en hesteskoformet bøyler. I de nedre ender er bøylen festet til en stor sirkelformet plate. Så snart nålen er presset så langt ned i sneen at platen hviler mot det øverste snelag, vil denne overta trykket. På grunn av platens relativt store areal, vil det spesifikke trykk i kg/cm^2 under denne



Fig. 29. Måling av sneens bruddfasthet.
Measuring the breaking strength of snow.

bli bare en brøkdel av det spesifikke trykk under proctornålen. Derfor skal det vanligvis større trykk til for å presse platen ned gjennom det øverste snedekke enn å presse nålen videre ned gjennom sneen. Ved å øke trykket etter at platen har nådd ned til snedekket, vil altså denne overta belastningen, og presset på proctornålen blir mindre. Da proctornålens måleur er utstyrt med slepeviser, vil denne angi den maksimale kraft som skal til for å trykke nålen så langt ned at platen støter an mot snedekket. Vi brukte proctornåler som raget 2 og 5 cm under platen, og proctornålens areal var 5000 mm^2 , 100 mm^2 og $2,5 \text{ mm}^2$.

Det viste seg at den spesifikke belastning i kg/cm^2 som skulle til for å trykke nålen ned i underlaget var mindre jo større proc-

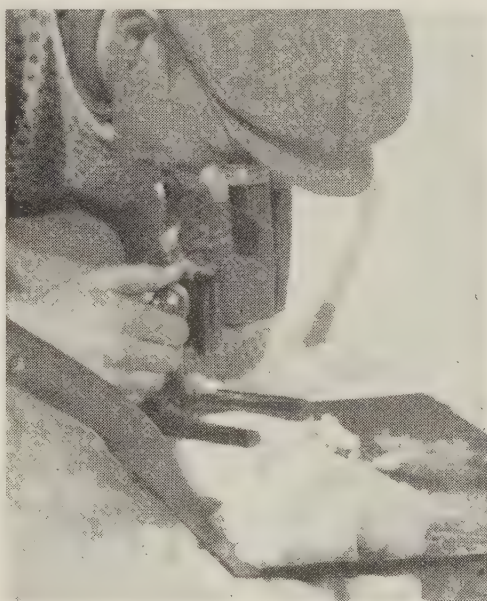


Fig. 30. Måling av snekornstørrelser.
Measurement of snowcrystal-diameter.

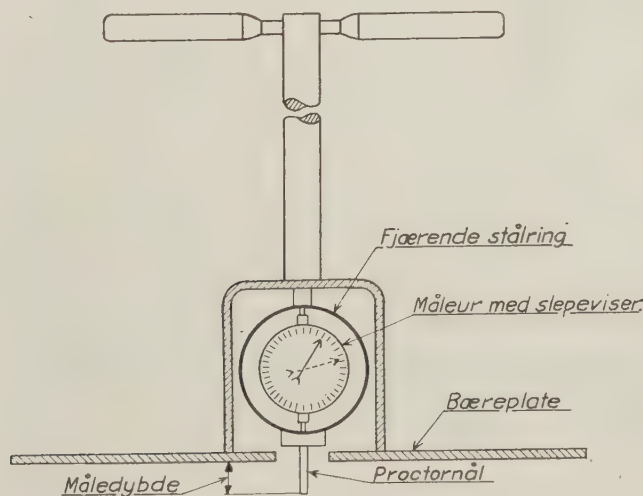


Fig. 31. Proctornål.
Skogforsøksvese-
nets modell.
Proctor needle. Mo-
del: Norwegian Fo-
rest Research Insti-
tute.

tornålens areal var. Det samme resultat er funnet av ERIKSSON 1954 og av AGER 1955. Den bæreevne i kg/cm² vi får målt med proctornålen må derfor ikke betraktes som absolutt riktig. Det er relative tall som kan sammenlignes innbyrdes for ett og samme areal av proctornålen. I denne undersøkelse har vi valt å henføre resultatene til et proctornålareal på 2,5 mm².

212 Måling av forhold vedrørende transportmidlet.

212.1 Måling av friksjon mellom meier og snebane.

Meiefriksjonen ble målt under den ordinære tømmertransport, for at resultatet skulle bli identisk med de praktiske kjøreforhold. Ved hjelp av strekkmåler i hestedraget eller traktorens trekkbom ble trekkraften avlest ved hver avstandspel i marken. Da vi samtidig kjente vekten av doning og lass på meiene, samt stigningsforholdene ved hvert avstandsmærke, kunne friksjonskoeffisienten finnes på følgende måte:

$$\begin{aligned}\text{Stigning i veien: } + T &= Qd (fg + s) \\ fg &= \frac{+T}{Qd} \div s\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fall i veien: } \pm T &= Qd (fg \div s) \\ fg &= \frac{\pm T}{Qd} + s\end{aligned}$$

Her er: $+ T$ = trekkraften i kg.

$\div T$ = trykkraften i kg.

Qd = vekt av doning og lass på meiene i tonn.

s = stigning eller fall i 0/00.

fg = meiefriksjonskoeffisienten i kg pr. tonn av vekten (0/00).

Vi har altså innført stigningen i 0/00, som er likedannet med tangens til stigningsvinkelen. Da det er riktigere å bruke sinus til stigningsvinkelen begår vi her en systematisk feil. Det innsees imidlertid lett at feilen er av så liten størrelsesorden at den er betydningsløs i dette tilfelle. Da det dessuten både forekommer positive og negative stigninger i veien, vil feilene delvis oppheve hverandre.

Som tidligere nevnt ble sneforholdene i veidekket og snetemperaturen målt for hver tur med tømmerlass. Derved skaffet vi tilveie materiale for beregning av meiefriksjonskoeffisientens variasjon med forholdene i veien og meibelastningen. Disse målinger ble utført på den ferdige snepakkete vei.

Det samme var tilfelle med meiefriksjonen under start som ble målt på prøvebane. Til dette brukte vi en traktordoning med 3 veide prøvelass som gav meiene spesifikke trykk på $0,37 \text{ kg/cm}^2$, $0,54 \text{ kg/cm}^2$ og $0,66 \text{ kg/cm}^2$. Disse målinger ble utført under varierende temperaturforhold i veidekket. Hvert lass ble kjørt på banen og stanset i et bestemt tidsrom. Derpå ble det trukket løs med en vinsj montert i ene enden av prøvebanen. På en strekkmåler innlagt mellom vinsjens wire og traktordoningen kunne vi avlese den kraft som skulle til for å trekke løs lasset. Derved fikk vi materiale for beregning av startfriksjonskoeffisientens variasjon med meienes spesifikke trykk mot underlaget, snetemperaturen og stansens varighet.

212.2 Måling av friksjonen mellom drivende hjul og snebane.

Ofte er det friksjonen mellom traktorens drivhjul og snebanen som begrenser trekkraften. Hjulene slurer før en får utnyttet traktormotorens maksimale trekkevne. På prøvebaner foretok vi en undersøkelse av traktorens maksimale trekkraft eller den maksimale friksjonskoeffisient mellom drivhjulene og snebanen.

Tidligere undersøkelser har vist at ved økende trekkraft begynner hjulene å slure. På en del jordarter og på sne oppnår man den maksimale trekkraft ved 20—30 % sluring, hvorefter trekkraften synker igjen og holder seg konstant ved 100 % sluring. (HUBENDICK 1943, ZIPKES 1944, MEYER og BOCK 1951, BOCKHORN 1954.) Vi undersøkte derfor den maksimale friksjon før full sluring (ved 20—30 % sluring) og friksjonskoeffisienter under 100 % sluring av drivhjulene. Dette ble gjort på snefri isbane og på snepakket vei som hadde stabilisert seg hva snekornstørrelse og pakkingsgrad angår.

Friksjonsforholdene ved forskjellig belastning på drivhjulene ble undersøkt med semitrailer (Sesamdoning) koblet til traktoren. En strekkmåler var innebygget i doningens trekkbom.

Ved å variere lass-størrelsen på doningen fikk vi varierende belastning på traktorens drivhjul. (Fig. 89). Målingene ble utført ved å forankre doningens bakre ende (med en wire til et fast punkt i terrenget). Ved å gi motoren full gass og koble den forsiktig inn på 1. gear øket trekkraften under sluring av kløtsjen. Etter hvert som kløtsjpedalen ble sluppet mere ut og presset på kløtsjlamellene øket, steg trekkraften til et maksimum ved en viss sluring av hjulene. Ved ytterligere press på kløtsjlamellene sank trekkraften igjen for å stabilisere seg ved 100 % sluring av drivhjulene. Dette var det typiske forløp under friksjonsmålinger på snepakket vei. (En unntagelse var friksjonsmålinger på våt finkornet og kram sne hvis snetemperatur var 0°C. Her øket trekkraften hele tiden til 100 % sluring, om enn svakt etter ca. 30 % sluring).

På denne måte registrerte vi den maksimale friksjonskoeffisient (her kalt friksjonskoeffisient før sluring) og friksjonskoeffisienten under sluring (egentlig under 100 % sluring) på følgende måte:

$$f_i = \frac{T}{B} \quad \text{og} \quad f_u = \frac{T}{B}$$

Her er: T = traktorens trekkraft i kg målt før eller under sluring.

B = belastning på bakakselen, eller drivakselene i tonn.

f_i = friksjonskoeffisient før sluring i kg. pr. tonn av bakakselbelastningen.

f_u = friksjonskoeffisient under sluring i kg. pr. tonn av bakakselbelastningen.

Undersøkelsen ble utført ved forskjellig temperatur i snedekket og varierende belastning på drivhjulene, og det ble anvendt forskjellige typer snebelter, gummihjul og snekjettinger. Det snepakete veidekket hadde i alle tilfelle stabilisert seg, idet snekornene varierte fra 1,5—2,5 mm diameter og snevolumvekten var større enn 0,5 kg/dm³.

Hvis snetemperaturen var 0°C ble observasjonene ikke brukt, fordi tilstanden her ikke kan beskrives med bare temperatur, snevolumvekt og snekornstørrelse. Når snetemperaturen i det snepakete veidekke er 0°C, vil den vannmengde som befinner seg omkring

snekornene variere med hvor langt smeltingen er fremskredet. Det går nemlig med 78,9 cal. for at et gram is skal smelte til vann. (GLASTONE 1946).

For å undersøke hvorledes selve sluringen varierte med trekkraften foretok vi en undersøkelse på en prøvebane på Ås vinteren 1954. Her ble sluringen undersøkt under kjøring med halvbelte-traktor (Ferguson) på snepakket vei. Traktoren ble kjørt langs prøvebanen med en semitrailer (Sesamdoning) på slep. Det var innlagt strekkmåler i doningens trekkbom, og trekkraften ble variert med en bremsetraktor hengende etter tilhengeren. For de forskjellige trekkrefter og belastninger på traktoren fikk vi målt sluringsprosenten ved å sammenligne den veilengde traktoren tilbakela under kjøring med belastning (L_1) og den veilengde den kjørte med samme antall omdreininger på bakhjulene uten at noen sluring fant sted (L_0). Sluringsprosenten (S_p) fremkom da på følgende måte:

$$S_p = 100 \cdot \frac{L_0 \div L_1}{L_0} \%$$

212.3 *Rullemotstandsmålinger.*

Traktorenes rullemotstand ble undersøkt på snepakkete veier i Løten 1951, på Ås 1952 og Sollihøgda 1953. Vi søkte å finne hvorledes traktorens rullemotstand varierte med gummihjul, forskjellige typer snekjettinger og forskjellige typer halvbelter, under forskjellige belastninger på traktoren, forskjellige kjørehastigheter og forskjellige snetemperaturer.

Den tomme eller belastete traktor ble trukket uten innkoblet motor med varierende kjørehastighet langs prøvebanen, idet trekkraften ble målt med en strekkmåler.

Rullemotstanden (f_r) ble funnet på følgende måte:

$$f_r = \frac{T^1}{Q}$$

Her er: T^1 = kraft for å trekke traktoren i kg.

Q = traktorens totale vekt, inkludert belastning i tonn.

f_r = rullemotstand i kg pr. tonn av traktorens totale vekt (0/00).

212.4 *Måling av traktorens hestekrefter, virkningsgrader og utnyttelsesgrader.*

For å undersøke i hvilken grad traktormotoren blir utnyttet under kjøring på snepakket vei, målte vi traktormotorens hestekrefter, samt de hestekrefter som ble utnyttet på traktorens trekkkrok. Motorhestekreftene ble bare undersøkt for en av traktorene, nemlig Ferguson TE-A-20 med 85 mm sylinderboring.

Da vi ikke disponerte eget bremseapparat på det tidspunkt målingene fant sted, ble motorens reimskiveeffekt målt på en elektrisk brems, tilhørende Landbruksteknisk Institutt.

Under måling av hestekreftene på traktorens trekkrok var traktoren utstyrt med halvbelter. Ved hjelp av de tidligere omtalte sluringsmålinger og rullemotstandsmålinger samt effekttapet i traktorens transmisjoner, kunne vi finne effekten på traktorens trekkrok. Ved å sammenligne reimskiveeffekten med effekten på traktorens trekkrok, kunne vi finne virkningsgraden. Fremgangsmåten for denne undersøkelse er den samme som anvendes ved mange prøvestasjoner for traktorer, og er bl. a. beskrevet av MEYER og BOCK (1951). Disse undersøkelser er gjennomført på snepakket vei som hadde stabilisert seg og med varierende sne-temperatur og belastning på traktoren. Derved kunne vi finne frem til den hastighet og trekkraft som gir traktoren den største virkningsgrad innenfor de forskjellige gear.

Under kjøring på en vanlig vei hvor stigningsforholdene varierer, er det sjelden at traktormotoren blir fullt utnyttet. For å studere dette forhold undersøkte vi som tidligere nevnt trekkraften og transporthastigheten under kjøring langs veien. For en del motbakkers vedkommende hvor vi kunne ha forhåpning om størst mulig utnyttelse av traktormotoren, foretok vi beregning av de anvendte hestekrefter ved traktorens trekkrok. Ved å sammenligne denne effekt med motoreffekten fant vi frem til traktorens utnyttelsesgrad under praktiske kjøreforhold.

22. ARBEIDSSTUDIENES GJENNOMFØRING

Samtidig med eller etter at de ovenfor nevnte metodestudier ble utført, foretok vi arbeidsundersøkelser av heste- og traktortransportene. De omfattet tidsstudier av tømmertransport langs

veiene, samt på- og avlessingsarbeidene. Tidsstudiene ble utført med stoppeklokker etter nullpunktmetoden, og tidene for hver deloperasjon som arbeidet er sammensatt av, ble avlest med 1/100 minutts nøyaktighet. På tidsstudieskjemaene ble samtidig notert nøyaktig klokkeslett for studiets begynnelse og slutt. Ved å summere alle deltidene, kunne vi regne ut forskjellen mellom den totale tid på tidsstudieskjemaet og summen av deltidene. Hvis denne forskjell var større enn $\pm 3 \%$ ble skjemaet kassert, men det viste seg at bare noen få skjemaer behøvde å kasseres. Størsteparten av dem hadde en avvikelse på mindre enn 1 %.

221. Inndeling av transporttiden.

Gjennom tidsstudier søker vi å finne hvorledes prestasjonen varierer med transportforholdene. Derved vil tidsstudiet bl. a. danne grunnlag for omkostningsberegninger, og det er rimelig å dele opp transporttiden på en slik måte at tidsstudieresultatet blir hensiktsmessig for beregninger og kalkyler over transportomkostningene.

MATTSON MÅRN (1927), LANGSÆTER (1943), FRYJORDET (1955) og andre har delt omkostningene opp i direkte eller variable omkostninger og indirekte eller faste omkostninger. På tilsvarende måte kan tidene deles opp i *faste* og *variable tider* (NENZELL 1945).

De variable tider varierer med arbeidsobjektets størrelse, mens de faste tidene er av engangsnatur og uavhengig av arbeidsobjektets størrelse. For tømmertransportens vedkommende vil arbeidsobjektets størrelse som regel være kvantum (m^3) eller transportert veilengde (km) eller transport-mengde ($m^3 \times km$).

Oppdeling i faste og variable tider er helt avhengig av hvilken enhet som blir behandlet i undersøkelsen. Er undersøkelsen begrenset til den enkelte arbeidsdag, vil f. eks. transport av traktor fra garasje til traktorvei være en fast tid. Omfatter undersøkelsen hele tjenestetiden, blir dette en variabel tid, som varierer med drifts-sesongens lengde.

Under behandling av omkostningsteorien har JØRGENSEN (1955) søkt å overføre Norsk Standards terminologi for industrielle og lignende omkostningsberegninger til skogbruket. Han har søkt å oppnå en mere generell definisjon ved å skille mellom mengdeproporsjonale omkostninger hvis størrelse er avhengig av den produ-

serte mengde av arbeidsobjektet, og tidsproporsjonale omkostninger som er uavhengig av produsert mengde, men kun varierer med det tidsrom som kalkylen gjelder.

En tidsinndeling i overensstemmelse med denne omkostningsinndeling blir ikke helt logisk, særlig hva de tidsproporsjonale omkostninger angår. Disse kan dessuten både bestå av faste og variable tider. En inndeling i faste og variable tider er imidlertid hensiktsmessig fordi den forteller noe om hvorvidt tiden kan uttrykkes som et rent middeltall eller som en funksjon av en eller flere variable faktorer. Jeg velger derfor å dele arbeidstiden opp i faste og variable deltider idet disse defineres i forhold til den enhet som blir behandlet i undersøkelsen:

Mengdevariable tider som varierer med den produserte mengde av arbeidsobjektet.

Mengdefaste tider som er av engangsnatur i forhold til den produserte mengde av arbeidsobjektet innenfor det tidsrom eller den periode undersøkelsen gjelder.

Periodevariable tider som varierer i overensstemmelse med lengden av det tidsrom undersøkelsen omfatter. Disse tider er ofte uavhengig av den produserte mengde av arbeidsobjektet.

Periodefaste tider som er uavhengig av det undersøkte tidsroms lengde, og uavhengig av det produserte kvantum.

Under planlegging av tidsstudiet over tømmertransport ble følgende definisjoner på arbeidsområde og tidsinndeling benyttet:

a) *Arbeidsprosess*. Når arbeidsoppgaven er tømmertransport må man utføre en viss arbeidsprosess, nemlig det å forflytte tømmeret fra lunneplassen langs veien til velteplassen. Den totale tid som medgår til dette kalles *tjenestetiden*. Tjenestetiden er altså hele den tid som maskiner, redskap og mannskap er beslaglagt av arbeidsgiveren for å gjennomføre tømmertransporten.

b) *Arbeidsoperasjon*. Arbeidsprosessen består av flere arbeidsoperasjoner som betegner en bestemt avgrenset del av den totale arbeidstid, og som etter sitt formål kan betraktes som en egen arbeidsoppgave. Av arbeidsoperasjoner kan nevnes snepakking, slådding av veien, tømmerkjøring langs veien, pålessing, avlessing osv.

c) *Deloperasjon*. Hver arbeidsoperasjon består av flere deloperasjoner, som er de minste enheter av arbeidet som ble registrert i denne undersøkelse. Den tid som medgår til en deloperasjon, kalles *deltid*. Avlessing er f. eks. oppdelt i følgende deloperasjoner: Legging av sleiper, løsgjøring av kjettinger og staker, utslagning, manuell avlessing osv.

På dette grunnlag har jeg stillet opp en fullstendig oversikt over transporttidens oppdeling i de enkelte deltider. (Se fig. 32). I store trekk har jeg fulgt den inndelingsmåte som hittil har vært anvendt i den driftstekniske forskning i norsk skogbruk (SAMSET 1950).

Det fremgår av den tabellariske oversikt (i fig. 32) at de enkelte arbeidstider eller deltider kan grupperes i hovedtider, hjelpetider og tapstider.

Hovedtidene medgår direkte til forflytning av virket, og er dels periodevariable (varierer med arbeidstidens lengde) og dels mengdevariable (varierer med mengden av transportert virke).

Hjelpetidene medgår bare indirekte til å forflytte virket, men forflytningen er helt avhengig av de deloperasjoner som utføres i hjelpetidene. Disse deloperasjoner fremmer derfor indirekte virketransporten. Noen hjelpetider er variable, idet de varierer med arbeidstidens lengde (periodevariable) eller med mengden av transportert virke (mengdevariable). Andre hjelpetider er av engangsnatur, idet de dels er periodefaste og dels mengdefaste.

Tapstidene medgår hverken direkte eller indirekte til forflytning av virket. De virker derfor for såvidt hemmende på virketransporten, f. eks. hestehvil, start og oppvarming av motor og vedlikehold av traktor og doninger. Tapstidene opptrer ofte med ujevne mellomrom, og deres lengde er ofte påvirket av andre årsaker enn de som har betydning for den produktive virketransport, f. eks. styrken i materiellet, motorkonstruksjonen osv. Noen av dem er nødvendige, andre unødvendige. I fig. 33 er gitt en oversikt over tapstidenes oppdeling i de enkelte deltider.

Når vi ser driftssesongen under ett, kan tjenestetiden deles i en hovedtid, *produksjonstiden* som omfatter hele den tid arbeidere

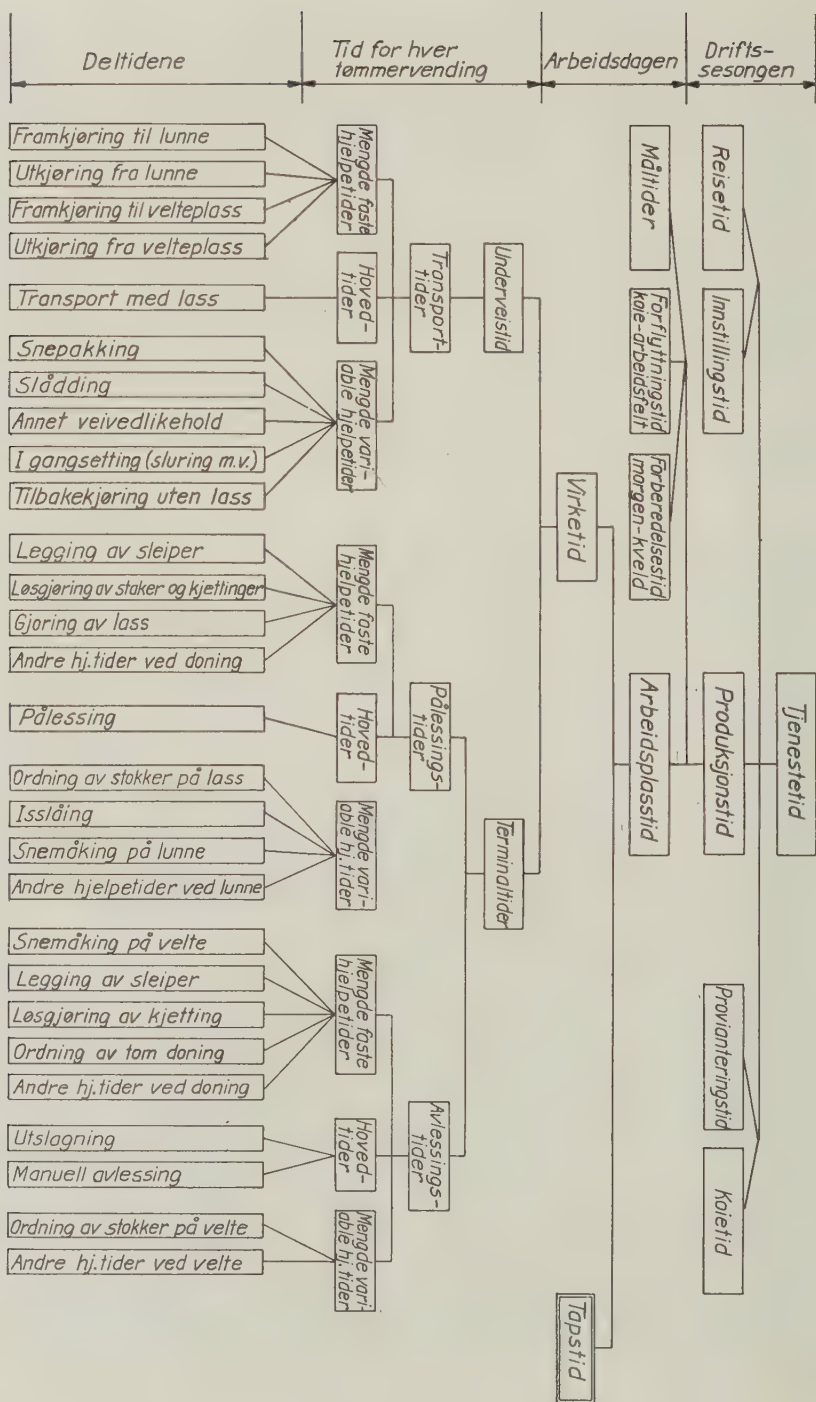


Fig. 32.

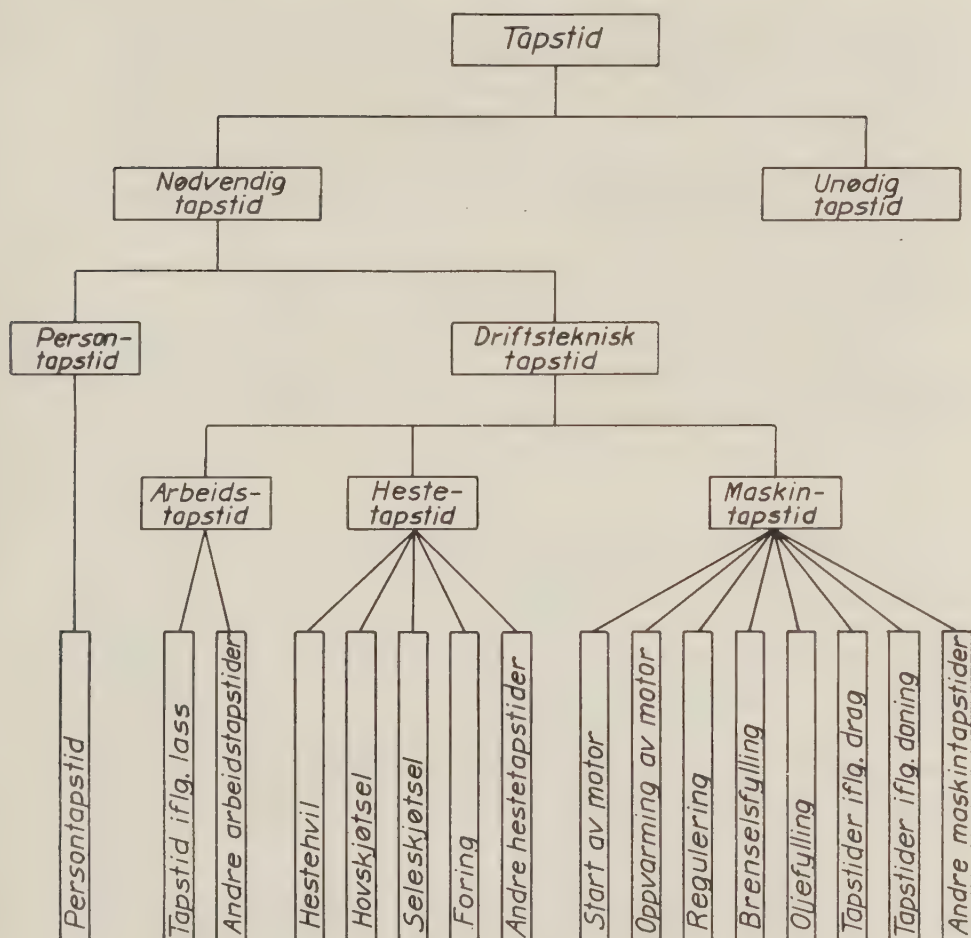


Fig. 33.

og maskiner bruker til gjennomføring av selve transporten. Reisetid og innstillingstid er periodefaste hjelpetider, og provianteringstid og koietid er periodevariable hjelpetider.

Denne undersøkelse begrenser seg til *arbeidsplassstiden* som er den totale arbeidstid på arbeidsfeltet. Den består av *virketiden* som medgår til produktivt arbeide i løpet av arbeidsdagen og *tapstidene*.

Når arbeidsoppgaven er tømmertransport på sneveier, er det hensiktsmessig å skille mellom selve transportarbeidene og på og avlessingsarbeidene. SUNDBERG (1953) har delt omkostningene

for disse arbeider i *underveisomkostninger* og *terminalomkostninger*. På tilsvarende måte vil jeg her dele virketiden for transportarbeide opp i:

Underveistider. Dette er arbeidstider som medgår til selve transporten langs veien, eller til de veivedlikeholdsarbeider som faller samtidig med transporten, og derfor hører hjemme under virketiden for transporten.

Terminaltider. Disse arbeidstider medgår til arbeider på lunne- og velteplassene iberegnet på- og avlessingsarbeidene.

Av fig. 32 sees hvorledes underveistidene og terminaltidene er oppdelt i de enkelte deltidene, samt hvorledes deltidene er gruppert i hovedtider, mengdefaste og mengdevariable hjelpetider.

23. BEARBEIDING AV MATERIALET

Såvel materialet fra metodestudiene som fra tidsstudiene ble bearbeidet på samme måte, idet jeg søkte å finne den funksjonelle sammenheng mellom de faktorer som kunne tenkes å øve innflytelse på resultatet (de uavhengig variable) og resultatet selv (den avhengig variable). I de tilfeller der dette ikke lot seg gjøre, blir resultatet gitt i form av grafiske fremstillinger, eller i form av middeltall. Det siste er også tilfelle for de mengdefaste eller periodefaste hjelpetidens vedkommende.

Hvor det innsamlete tallmateriale var forholdsvis stort, ble noteringene i markskjemaene overført til hullkort, og bearbeidet på statistikkmaskiner etter Holerith-metoden. Fremgangsmåten ved bearbeidningen er beskrevet av SAMSET (1950). I de deler av undersøkelsen der tallmateriale var forholdsvis lite, er bearbeidningen utført manuelt ved hjelp av kalkulasjonsmaskiner.

Da en vesentlig del av materialet er nummerisk utjevnet for å finne den funksjonstype og de funksjonsverdier som undersøkelsen gav grunnlag for i de enkelte tilfeller, skal her redegjøres for fremgangsmåten under denne bearbeiding. Som eksempel skal vi diskutere et av de problemer undersøkelsen omfatter, nemlig startfriksjonskoeffisienten mellom meier og snepakket fast og jevnt veidekke.

Under planleggingen av forsøket som dels bygget på litteraturstudier, og dels prøving av forsøksteknikken i marken, dannet vi

oss et begrep om de faktorer som kunne tenkes å øve innflytelse på resultatet. Startfriksjonskoeffisienten (f_{st}) som ble målt i kg pr. tonn av belastningen fra doning og lass ($\frac{0}{100}$) kunne f. eks. tenkes å være avhengig av:

Q_d = Doningen og lassets vekt mot bakken i tonn.

b = Meienes spesifikke trykk mot veien i kg/cm^2 .

t = Snetemperaturen i $^{\circ}\text{C}$.

m_i = Tid i 1/100 minutter for doningens stans før den blir trukket løs.

Dessuten kunne den tenkes å være avhengig av meiestålets kvalitet, men da vi her bare har valt en type meiestål, nemlig den som vanlig brukes av våre doningsfabrikanter, kunne denne faktor holdes utenom.

Startfriksjonskoeffisienten kunne også tenkes å være avhengig av snekornstørrelsen i veidekket, samt veidekkets volumvekt og bæreevne. Da undersøkelsen ble begrenset til et ferdigpakket sne-dekke som hadde stabilisert seg, viste andre deler av denne undersøkelse at snekornstørrelsen holdt seg noenlunde konstant på 1,5—2,5 mm diameter, og snevolumvekten stabiliserte seg på 0,5—0,6 kg/dm^3 . Ved å sørge for at snedekket i prøvebanen holdt seg innenfor dette område, kunne også disse faktorer holdes utenom. Da andre deler av denne undersøkelse dessuten viste at det er en rettlinjett sammenheng mellom snedekkets bæreevne (målt med proctor-nål) og snetemperaturen i det ferdigpakket og stabiliserte snedekke kunne vi også se bort fra denne faktor.

Derimot er det sannsynlig at luftfuktigheten i porevolumet mellom snekornene i den øverste del av veidekket, samt i luften like over veidekket spiller en viss rolle for startfriksjonskoeffisienten, fordi dette har betydning for sneens sublimeringsprosess. (QUERVAIN 1945 m. fl.). Vi skal imidlertid senere se at sublimeringen spiller en mindre rolle for startfriksjonskoeffisienten enn snetemperaturen og trykkforholdene mellom meier og snebane. Da vi ikke disponerte instrumenter til en nøyaktig måling av porevolumets luftfuktighet, og da denne faktor er lite hensiktsmessig til praktisk bruk, har vi valt å holde den utenom undersøkelsen. Innflytelsen av porevolumets luftfuktighet viser seg derfor som en av spredningsårsakene for den utjevnete funksjon. Undersøkelsen fordelte seg over en hel vintersesong (1953) og skulle derfor gi et godt

praktisk bilde av forholdene i en vanlig vinter i norske skogdistrikter.

Vi ble derfor stående ved å registrere følgende faktorer under startfriksjonsmålingene: Qd, b, t og mi. Allerede markarbeidet gav visse opplysninger om den funksjonelle sammenheng mellom disse faktorer og startfriksjonskoeffisienten, idet vi ved å følge målingenes forløp, og beskrive dem i dagboksform fikk erfare sammenhengen ved egne iakttagelser. Dette var en god støtte for den senere bearbeiding.

For å få et nærmere kjennskap til funksjonstypen, ble materialet sortert med hensyn til hver av de nevnte faktorer. Innen hver av det sorterte materiales minstegrupper ble den gjennomsnittlige startfriksjonskoeffisient regnet ut, og gjennomsnittsverdien avsatt i koordinatsystemer for to og to faktorer av gangen, idet de øvrige ble holdt konstante ved faktorenes gjennomsnittsverdi i materialet. Med de ovennevnte betegnelser, holdt vi altså først faktorene Qd og b fast ved deres gjennomsnittsverdier i materialet. Faktoren t ble avsatt på abscisseaksen og fst på ordinataksen, så det fremkom en kurve for hver av middelverdiene for faktoren mi. Etterpå ble det tegnet et nytt diagram, med mi avsatt på abscisseaksen og fst på ordinataksen, så det fremkom en kurve for hver av middelverdiene for faktoren t. På samme måte ble etter tur faktorene mi og t holdt konstante, idet startfriksjonskoeffisientens variasjon med de to øvrige faktorer ble undersøkt.

Et studium av de diagrammer som herved fremkom sammen med erfaringene fra observasjonene i marken gav god orientering om hvilke faktorer som burde tas med, og hvilke funksjonstyper som burde velges ved den senere numeriske utjevning av materialet. Det viste seg at Qd allerede på dette tidspunkt i bearbeidingen kunne sjaltes ut, fordi den ikke øvet noen innflytelse på startfriksjonskoeffisienten ved siden av faktoren b. Dette er for så vidt rimelig, fordi vi delvis får tatt hensyn til Qd (vekt av lass + doning) gjennom faktoren b (meienes spesifikke trykk i kg/cm^2), og fordi det snepakkete veidekke var så hardt at meiene ikke brøt igjennom. Det viste seg videre at startfriksjonskoeffisienten øket meget sterkt når tiden for stans øket fra 0—3 minutter, men deretter ble startfriksjonskoeffisientens økning mindre og mindre med økende stans, jo lenger denne var. Det var således liten forskjell i startfriksjonskoeffisienten etter 30 minutters og 60 minutters stans. Dette gav en pekepinn om at vi her hadde for oss et loga-

ritmisk funksjonsforløp, og ved å avsette startfriksjonskoeffisienten på ordinataksen, og tid for stans på en abscisseakse med logaritmisk inndeling viste det seg at kurvene ble tilnærmet rettlinjet.

På denne måte studerte vi de opptegnede diagrammer, og kom frem til at følgende funksjonstype ville dekke materialet, idet vi tok med både helt tydelige utslag og utslag vi var mere i tvil om:

$$fst = b_2 \cdot mi + b_3 \cdot \log mi + b_4 \cdot t + b_5 \cdot t^2 + b_6 \cdot t \cdot \log mi + b_7 \cdot b + a$$

Med funksjonstypen som grunnlag ble materialet utjevnet ved vanlig regresjonsanalyse etter minste kvadraters metode. (EZEKIEL 1930). Funksjonen ble utjevnet i 5 alternativer, og ved testing av funksjonene fant vi hvilke faktorer eller uavhengig variable som måtte tas med i den endelige funksjon. Tabell XVI gir en oversikt over de utjevnete funksjoner. Til å avgjøre om de enkelte regresjonskoeffisienter var signifikante, brukte vi vanlig t-test (FISCHER og YATES 1949). Det sees av alternativ I i tabell XVI at regresjonskoeffisienten for mi ikke er signifikant. Det samme er tilfelle for faktoren t (alternativ I og II). Da de tidligere nevnte grafiske fremstillinger viste at det var en tendens til krumlinjet sammenheng mellom startfriksjonskoeffisienten og sne-temperaturer, tok vi med faktoren t^2 i alternativ III. Det fremgår av tabell XVI at regresjonskoeffisienten for denne faktor hadde meget stor spredning, men da faktoren $t \cdot \log mi$ samtidig hadde en liten spredning, og da dessuten disse to faktorer er korrelert med hverandre, sjaltet jeg ut faktoren $t \cdot \log mi$ i alternativ IV. Det viste seg da at korrelasjonskoeffisienten (R) mellom de observerte og utjevnete startfriksjonskoeffisienter ble vesentlig dårligere, samtidig som middelfeilen, eller materialets spredning i forhold til den utjevnete funksjon (S) øket. (Sammenlign alternativ I—III med alternativ IV). Jeg foretok derfor en utjevning hvor faktoren $t \cdot \log mi$ ble beholdt, og t^2 sjaltet ut. (Alternativ V). Dette førte til signifikante regresjonskoeffisienter for alle de uavhengig variables vedkommende, samtidig som vi oppnådde en korrelasjonskoeffisient på $R = 0,7742$, mellom de utjevnete og observerte startfriksjonskoeffisienter. Materialets spredning i forhold til den utjevnete funksjon ble $S = 64,8$ eller $23,25\%$. Den resulterende funksjon er følgende:

$$fst = 37,38 \cdot \log mi \div 8,302 \cdot t \cdot \log mi \div 151,43 \cdot b + 216,5 \quad (A)$$

For å undersøke hvorledes utjevningen er lykkes ved denne formel, er brukt en fremgangsmåte som er beskrevet av EZEKIEL (1930), EIDE og LANGSÆTER (1941) m. fl. Formel A ble oppdelt, slik at vi kunne studere startfriksjonens avhengighet av faktorene mi , t og b hver for seg.

Først undersøkte vi hvorledes fst varierte med mi , når faktorene t og b ble holdt konstante ved materialets middelveidier. Ved å sette disse middelveidier inn i den utjevnete funksjon, fremkom følgende formel:

$$\text{fst} = 61,538 \cdot \log mi + 131,7$$

Denne funksjon sees til venstre i fig. IV. Den danner en rett linje, fordi $\log mi$ er avsatt på abscisseakse. (Abscisseaksen har logaritmisk inndeling).

For hver observasjon i materialet ble fst utregnet ved hjelp av den utjevnete funksjon (formel A), hvorefter vi fant differensen mellom denne verdi og den observerte. Så ble materialet sortert med hensyn til tiden for stans (mi), hvorefter vi regnet ut den gjennomsnittlige differense innen hver mi -klasse. Disse differenser er det samme som materialets avvikelse fra den utjevnete funksjon. De ble derfor avsatt i forhold til funksjonen til venstre i fig. IV. Dermed har vi fått et bilde av hvorledes materialet fordeler seg omkring den utjevnete funksjon for faktoren mi 's vedkommende.

På tilsvarende måte undersøkte vi hvorledes fst varierte med t , når mi og b ble holdt konstante ved materialets middelveidier, og hvordan den varierte med b når mi og t ble holdt konstante. Resultatet sees av fig. IV. Såvel testingen av funksjonen (tabell XVI) som fig. IV viser at utjevningen i dette tilfelle har lykkes ganske bra. De viser dog ingenting om hvorvidt innføring av andre kombinasjoner av de uavhengig variable ville gi en funksjon som dekket materialet enda bedre. En viss sikkerhet har vi ved at funksjonstypen ikke var tilfeldig valt, men bygget som tidligere nevnt på et inngående forhåndsstudium av middeltallskurver.

I enkelte tilfeller kan det tenkes at utjevningen ville blitt enda bedre ved også å føre inn andre faktorer enn de som ble registrert under markarbeidet. For startfriksjonskoeffisientens vedkommende har vi diskutert en slik mulighet ved eventuelt å innføres poreluftfuktigheten i snedekket. Det er dog en grense for hvor mange faktorer som bør tas med i et forsøk som dette, idet vi stadig bør ha for øye undersøkelsens praktiske formål. Dette spørsmål skal

jeg komme tilbake til under diskusjonen av enkelte av de funksjoner undersøkelsen omfatter.

Bearbeidingen av de øvrige funksjoner som undersøkelsen omfatter følger prinsipielt de samme retningslinjer som her er vist for startfriksjonskoeffisientens vedkommende. I tabellsamlingen side 658—686 har jeg gitt tabellariske oversikter over de enkelte funksjoners viktigste forsøksutjevninger med testing av funksjonene og deres regresjonskoeffisienter. I figurene I—XVII er dessuten gitt en del grafiske fremstillinger av materialets spredning omkring de utjevnete funksjoner på tilsvarende måte som vist i fig. IV under diskusjonen av startfriksjonskoeffisientens bearbeiding.

Resultatene fra undersøkelsen blir fremlagt i form av tabeller eller diagrammer eller begge deler hvis dette syntes nødvendig for å anskueliggjøre problemene. Tabellene og diagrammene er utregnet på grunnlag av de utjevnete funksjoner.

I dette arbeide har jeg brukt følgende betegnelser for de variable faktorer som inngår i undersøkelsen:

Q = Traktorens totalvekt i tonn, iberegnet ev. belastning fra doning og tømmer.

Q_d = Doningens og lassets vekt ved meiene i tonn.

B = Traktorens bakakselbelastning i tonn.

B_t = Belastning fra doning og tømmer på traktorens trekkrok i tonn.

b = Meienes spesifikke trykk mot underlaget i kg/cm².

M³ = Lassets størrelse i m³.

m³ = Stokkenes størrelse i m³.

l = Avstand fra lunne til lass i meter.

h = Stokkenes løftehøyde fra lunne til lass i meter.

T₁ = Hestens eller traktorens trekkraft i kg.

T₂ = Doningens trykkraft på hest eller traktor i kg.

H_k = Hestekraft. 75 kg m/sek.

M_d = Dreiemoment i kg m.

n = Motorens turtall i omdr./min.

η = Traktormotorens virkningsgrad.

t = Temperatur i °C (vanligvis snetemperatur).

q = Sneens volumvekt i kg/dm³.

b_k = Sneens bruddfasthet ved 5 cm nedsynkning av 2,5 mm² proctornål, i kg/cm².

+ s = Stigning av veien i ‰.

$\div s$ = Fall av veien i ‰.

fg = Meienes friksjonskoeffisient under bevegelse i kg. pr. tonn av vekten på meiene (‰).

fst = Meienes startfriksjonskoeffisient i kg. pr. tonn av vekten på meiene (‰).

f_i = Drivhjulenes maksimale friksjonskoeffisient før sluring (egentlig ved ca. 20—30 % sluring) i kg pr. tonn av bakakselbelastningen (‰).

fu = Drivhjulenes friksjonskoeffisient under sluring (egentlig ved 100 % sluring) i kg. pr. tonn av bakakselbelastningen (‰).

sl = Drivhjulenes sluringskoeffisient i % ($sl = \frac{100 f_u}{f_i}$)

fr = Traktorens rullestandskoeffisient i kg pr. tonn av sin totalvekt (‰).

v = Hastighet i meter pr. minutt.

V = Hastighet i km pr. time.

kj = Kjøre tid i minutter pr. 100 meter.

Ps = Antall ganger som traktoren har kjørt i 2. eller 4. gear, i prosent av antall ganger den har kjørt i 3. gear.

mi = Tid i 1/100 minutter.

Mi = Tid i minutter.

mi (på) = Pålessingstid i 1/10 minutter pr. stakk.

Mi (på) = Pålessingstid i minutter pr. lass.

Mi (av) = Avlessingstid i minutter pr. lass.

P (på) = Prosentisk økning i pålessingstiden.

P (av) = Prosentisk økning i avlessingstiden.

I arbeidet er figurer og tabeller ordnet slik at de som har praktisk interesse og de som refererer seg til bearbeidingen av materialet er samlet i særskilte grupper. De figurer som gir opplysninger om resultatet er nummerert fortløpende med vanlige tall, og gjengitt på sin logiske plass i teksten.

Tabellene er samlet bakerst i boken. Tabell 1—32 omfatter tabeller av praktisk interesse som er nummerert fortløpende med vanlige tall. Tabell I—XXXIII omfatter tabeller angående materialets størrelse og bearbeiding av materialet. De er nummerert fortløpende med romertall. Fig. I—XVII refererer seg til den matematiske utjevning av materialet. Disse er nummerert fortløpende med romertall. Se side 658—702.

3. RESULTATET AV UNDERSØKELSENE

31. METODESTUDIENE

311. Transportbanen (heste- og traktorveiene).

Transportteknikkens avhengighet av såvel transportmidlet som transportbanen gjør det av interesse å se nærmere på en del av de forhold som er av vesentlig betydning for veibyggingen og vintervedlikeholdet. Da denne undersøkelse begrenser seg til tømmertransport på vinterføre, vil vi diskutere det materiale som veidekket er bygget opp av, samt muligheter for å oppnå et stabilt og godt veidekke med enklest mulig midler.

Vinterhalvårets nedbør faller vanligvis som sne. Skogbunnen blir dekket av et jevnt snelag, hvis egenskaper dels virker hindrende og dels fremmende på arbeidslivet i skogen. Tømmertransporten er et av de arbeider som kan dra nytte av sneens heldige egenskaper, hvis den blir riktig utført. På grunn av sneens plastiske egenskaper og sneens omdannelsesprosess kan man oppnå et jevnt veidekke selv om underlaget er ujevnt, og på grunn av den lave friksjonskoeffisient mellom meier og sne kan man transportere tunge lass med forholdsvis beskjeden trekkraft. Snedekkets varighet og tykkelse varierer fra år til år og fra distrikt til distrikt. Dette forhold blir undersøkt av Norges Meteorologiske Institutt. All praktisk erfaring viser imidlertid at sneforholdene veksler meget fra tid til annen. Sneens tilstand og sammensetning har stor betydning for om den lar seg forme til et godt veidekke, og om en god kjørebane kan opprettholdes. Den form sneen opptre i er sterkt avhengig av de ytre forhold som vind, temperatur og luftfuktighet. Sneens tilstand er derfor labil, idet det foregår en fysikalsk omdannelsesprosess av snekornene som veksler med betingelsene i luftrommet omkring snepartiklene. For å få et nærmere kjennskap til sneens egenskaper er det nødvendig å studere hvorledes de ytre forhold påvirker denne omdannelsesprosess.

311.1 *Sne.*

For at man skal forstå den rolle sneen spiller for transportteknikken på snepakkete veier, har jeg funnet det riktig å innlede dette kapittel med en fremstilling av vår kunnskap om sneens fysiske egenskaper.

Sne er egentlig is i form av partikler eller krystaller. I ren tilstand er den klar og gjennomsiktig, idet den hvite eller gråhvite snefarven skyldes lysbrytninger i iskornene eller iskrystallene. Sneen representerer derfor en av de tre hovedformer, som vannmolekylene opptrer i, nemlig, vanndamp, vann eller is.

La oss gå ut fra den tilstand vannmolekylene har i vann. Her er molekylene i stadig bevegelse (den brownske bevegelse), men da vannmolekylene øver en viss tiltrekningskraft på hverandre, beveger de seg bare forbi hverandre uten å tape kontakten. På grunn av vannmolekylenes dipolstruktur ordner de seg i forhold til hverandre ved overflaten. De danner så å si en overflatehinne av vannmolekyler, som henger sammen på grunn av en viss tiltrekningskraft. Denne overflatespenning gjør at de små frittsvevende vanndråper inntar en avrundet form.

De vannmolekyler som beveger seg i vesken, har vanskelig for å trenge igjennom veskens overflate. Ett og annet molekyl har dog så stor fart at det trenger igjennom, og holder seg svevende i luften utenfor. Jo varmere vannet er, dess større er molekylenes bevegelseshastighet og dess flere greier å slå seg igjennom vannoverflaten og ut i luften. Da det er de varmeste molekyler som har størst hastighet og som derfor først og fremst trenger ut i luften, mister vannet en del av sin varmemengde ved fordampningen. Fordampningsvarmen varierer noe med den gjennomsnittlige temperatur i vannet. Etter GLASTONE (1946) er den følgende:

+ 20°C	: 586 cal. pr. gram vann.
+ 10°C	: 591 cal. pr. gram vann.
0°C	: 596 cal. pr. gram vann.

Ved fordampningen avkjøles altså vannet.

I luften holder vannmolekylene seg fritt svevende. De befinner seg så langt fra hverandre at deres innbyrdes tiltrekningskraft er meget liten. De beveger seg fritt med stor hastighet over hele det tilgjengelige rom. Under sin flukt treffer ett og annet molekyl vannoverflaten. Da blir hastigheten bremsset opp, og det opptrer

som vann. Fordampningen er derfor en reversibel prosess, idet noen vannmolekyler stadig forlater vannoverflaten mens andre kommer tilbake til vannet.

I gassform følger vannmolekylene gasslovene så lenge luften er umettet med vanndamp. Vanndampen øver derfor sitt partialtrykk, det såkalte damptrykk som adderer seg til trykket av de andre gassarter i luften. Så lenge luften er umettet med vanndamp, trenger flere vannmolekyler ut i luften enn de som vender tilbake til vannet. Etterhvert som damptrykket øker, blir dog antallet av tilbakevendende molekyler større inntil der inntre likevekt, da like mange molekyler trenger ut av vannoverflaten som de som kommer tilbake fra luften. Det damptrykk hvor likevektstilstand finner sted kalles metningstrykket, og hvis der opptrer flere vannmolekyler i luften enn det som tilsvarer metningstrykket, er tilførselen av vannmolekyler til vannet større enn de som trenger ut av vannet. Mettet vanndamp følger ikke gasslovene. Metningstrykket er bare avhengig av luftens temperatur. Ifølge GLASTONE (1946) er det følgende:

Ved $\div 10^{\circ}\text{C}$ er metningstrykket 2,15 mm Hg.

» 0°C »	» 4,58 »
» $+ 10^{\circ}\text{C}$ »	» 9,21 »
» $+ 20^{\circ}\text{C}$ »	» 17,54 »

Når temperaturen i vannet synker, avtar molekylenes bevegeshastighet. Den sterke tiltrekningskraft mellom molekylene begynner å gjøre seg gjeldende, inntil de plutselig ved en bestemt temperatur festner seg til hverandre, og vannet går over i fast form. Da er molekylbevegelsen redusert til en viss pendlende bevegelse, uten at det lykkes molekylene å løsrive seg fra hverandre. Vannet har altså frosset til is. Frysepunktet avhenger av trykket. Ifølge GLASTONE (1946) er frysepunktssenkningen $\div 0,007279^{\circ}\text{C}$ pr. kg/cm^2 trykkøkning. Dette gir følgende frysepunkter:

Ved $1 \text{ kg}/\text{cm}^2$ er frysepunktet $0,0^{\circ}\text{C}$
» $1000 \text{ kg}/\text{cm}^2$ » $\div 7,3^{\circ}\text{C}$
» $2000 \text{ kg}/\text{cm}^2$ » $\div 14,6^{\circ}\text{C}$
» $3000 \text{ kg}/\text{cm}^2$ » $\div 21,8^{\circ}\text{C}$

Hvis temperaturen er lavere enn $\div 22^{\circ}\text{C}$, dannes det imidlertid ikke vann ved øket trykk. Det dannes is av en annen krystallstruktur enn vanlig. (DORSEY 1940, ERIKSSON 1954).

Da isen smelter ved store trykk kan man få to iskrystaller til å smelte sammen ved å presse dem mot hverandre. Hvis berøringsflaten er liten, er det spesifikke trykk så stort at isen smelter til vann. Vannet presses til siden, og ved vanlig atmosfærisk trykk fryser det igjen. Etterhvert som berøringsflatene smelter og blir større, avtar det spesifikke trykk slik at trykksmeltingen slutter. De to isflater har frosset sammen ved regelasjon.

Molekylene holder altså kraftigere sammen i is enn i vann, og deres bevegelse er sterkt redusert. Likevel hender det at et og annet molekyl løsriver seg fra isoverflaten og farer ut i luftrommet hvor det opptrer i gassform. Ved øket temperatur blir ismolekylenes bevegelser større, og flere av dem greier å rive seg løs. Denne for-dampning fra isoverflaten kalles sublimasjon. Også denne prosess er reversibel, idet en del vannmolekyler vender tilbake fra luften til isen. Så lenge luften ikke er mettet med vannmolekyler, sliter flere vannmolekyler seg løs enn de som vender tilbake. Når det er blitt så mange molekyler i luften at det stadig tilføres like mange vannmolekyler som det river seg løs, er isens metningstrykk opp-nådd. Er damptrykket i luften mindre enn dette, skjer det en sublimasjon av vannmolekyler fra isoverflaten til luften, men er damptrykket i luften større enn metningstrykket, blir tilgangen på vannmolekyler til isen større enn avgangen. Dette er f. eks. tilfelle ved rimfrost. BILLWILLER (1918) har vist at sublimasjon kan være årsak til en liten økning av snemengden i vanlig snedekke. Vanndampens metningstrykk over is (sublimasjonstrykket) varierer etter GLASSTONE (1946) med temperaturen på følgende måte:

Ved	0°C	er metningstrykket	4,58	mm Hg.
» ÷	10°C	»	1,95	» »
» ÷	20°C	»	0,78	» »
» ÷	30°C	»	0,29	» »

Fig. 34 viser sammenhengen mellom is, vann og vanndamp ved forskjellig trykk- og temperatur.

På denne bakgrunn skal vi se litt på sneens dannelse og om-dannelsen i snedekket. Hvis luften har et større vanndampinnhold enn det som tilsvare metningstrykket og der finnes kondensasjons-kjerner, danner det seg små vanndråper. Er det kuldegrader danner det seg små iskrystaller som etterhvert øker i størrelse. Iskrystal-lene svever fritt omkring, men når deres diameter er blitt større

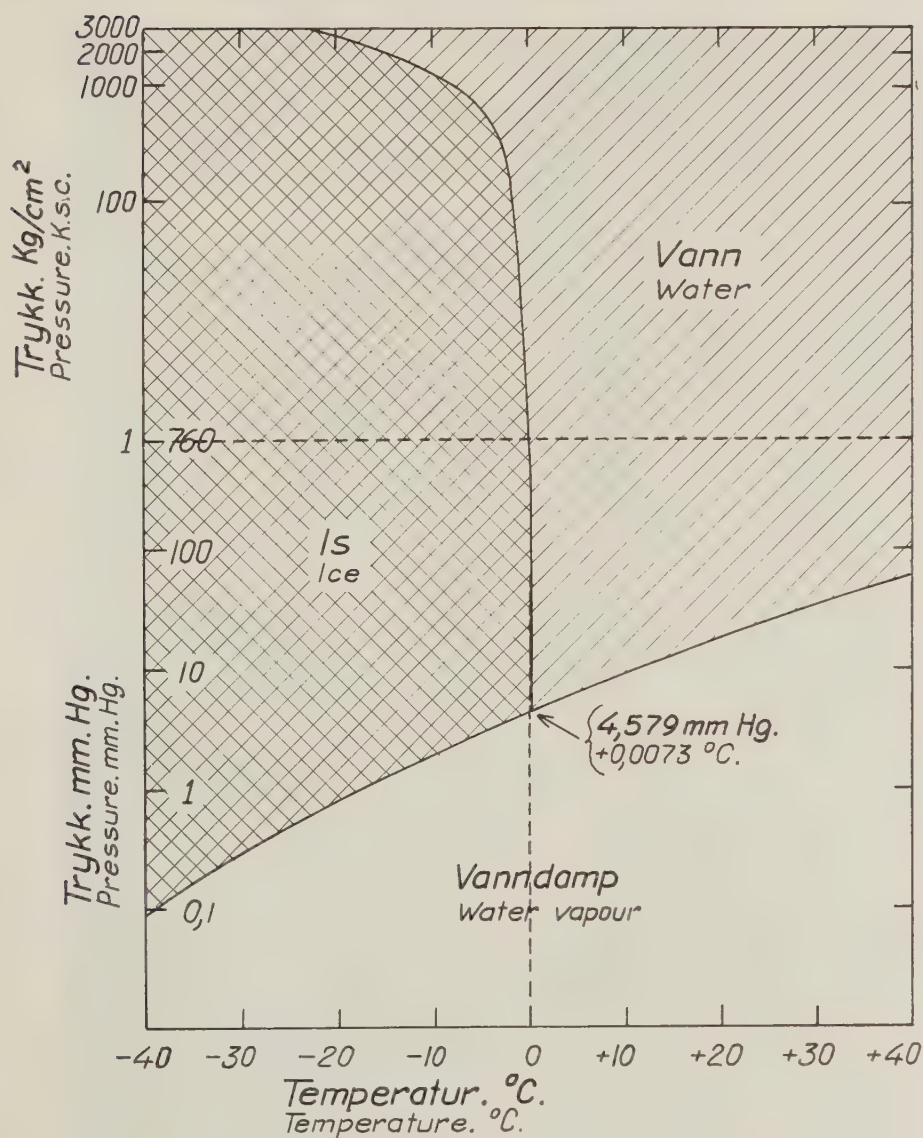


Fig. 34. Sammenheng mellom is, vann og vanndamp ved forskjellig trykk og temperatur. (Glastone 1946).

Correlation between ice, water and vapour at different pressures and temperatures. (Glastone 1946).

enn ca. 50 μ (QUERVAIN 1945), begynner de å dale ned igjennom luftlagene. Krystallasjonen skjer etter det heksagonale system, idet det dannes dendritiske krystaller, eller med andre ord, seks-

kantete stjerner. Så lenge damptrykket er større enn metningstrykket vokser iskrystallet, men hvis det møter et luftlag med lavere damptrykk enn metningstrykket, stopper krystallets tilvekst eller det avtar i størrelse. På krystallets voksesteder danner det seg konsentrasjonsgradienter, og hvis damptrykket i luften øker over metningstrykket igjen, fortsetter krystallet å vokse ved å sende ut tynne iskrystaller i de 6 retninger. Det danner seg derfor en flat stjerne hvis tykkelse er ca. $1/50$ av diameteren.

Krystallets veksthastighet varierer meget med forholdene. NAKAYA og TREDER (1935) har undersøkt dette forhold og fant at diametertilveksten oftest varierer fra 0,5—4,6 mm pr. time. Jo større damptrykket er dess hurtigere vokser krystallet. Mens det dannes lange isnåler ved et damptrykk på 7,5 mm Hg, dannes det prizmer eller pyramider når damptrykket er omkring 2 mm Hg. Et fint forgrenet krystall tyder derfor på at det vokser hurtig. Andre forskere har funnet at også lufttemperaturen har betydning for krystallformen (ERIKSSON 1954).

Når snekrystallet faller, vil det treffe luftlag med forskjellig temperatur og damptrykk. Krystallasjonen skjer derfor med forskjellig hastighet, og kan stoppe og begynne på igjen flere ganger. Den endelige form krystallet har når det legger seg til ro på bakken, er derfor avhengig av de varierende betingelser det møtte under sin flukt ned igjennom luftlagene. (Fig. 35, a).

På veien nedover hender det at et snekrystall kolliderer med et annet, slik at de blir en del ødelagt. Ved temperaturer i nærheten av 0°C vil de fortsette å henge sammen. Hastigheten blir større og sjansen for nye kollisjoner øker. På den måten kan det dannes store snefiller sammensatt av mange snekrystaller, men hvor det er vanskelig å skjelne det enkelte snekrystall fra det annet, fordi de er helt eller delvis ødelagt.

I kaldt vær er krystallene kraftigere og mere holdbare, så de ikke ødelegges så meget under kollisjonen. Da de dessuten er tørrere, (idet iskrystallenes overflate ikke er dekket med en hinne av vann), har de ikke så lett for å henge sammen. I slike tilfelle er det lett å skjelne krystallstrukturen, og ofte er det meget vakre krystaller som når bakken. Det hender imidlertid at krystallene blir ødelagt ved mekanisk påkjenning. Er det sterk vind i høye luftlag, rives stjernekrystallene i stykker, og kommer ned som støvlignende fokksne. Dette fenomen kan også iakttes etterat den tørre nysne



Fig. 35. A. Friske nysnekrystaller.
Freshly-fallen «newsnow» crystals.
 B. 4 dager gammel nysne ved $\div 5^{\circ}\text{C}$.
4-days-old «newsnow» at $\div 5^{\circ}\text{C}$.
 C. Rennsne med begerkrystaller.
Depth hoar with prismatic crystals.
 D. 70 dager gammel sne med begerkrystaller.
70-days-old snow with prismatic crystals.

har lagt seg på bakken. Når sterk vind feier langs sneoverflaten ødelegges snekrystallene, og det danner seg en fin fokksne som lagrer seg forholdsvis tettpakket i fordypninger i terrenget. Tettheten av fokksneen varierer med temperaturen, idet mildt vær kan sette igang en smeltemetamorfose av snekornene (se senere), så de smelter sammen og pakker seg tett.

Nysneen er derfor sammensatt av snekorn av ytterst forskjellig form og struktur. De danner grunnlaget for de forskjellige snelag som snedekket er bygget opp av. Men snekrystallene beholder ikke sin fasong lenge. Så snart de har lagt seg på bakken begynner en omdannelsesprosess, og vi vil se nærmere på forløpet av denne prosess i et uberørt snedekke.

BADER (1939) har delt denne omdannelse i to prinsipielt forskjellige typer, nemlig:

- a) *Sublimasjonsmetamorfose*, hvor sublimasjonen mellom iskornene og luften er avgjørende.
- b) *Smeltemetamorfose* hvor omdannelsen skjer ved at snekornenes overflate smelter til vann.

I nysneen begynner omdannelsen selv om det er kaldt i været. Krystallets fine spisser avrundes og svinner inn, idet vannmolekylene forlater spissene og avsetter seg på flate partier eller i krystallets fordypninger. KOSSEL (1930) har forklart årsaken til dette på følgende måte: Isens metningstrykk er større rundt hjørner og spisser enn på flate partier eller i fordypninger. Vannmolekylene sitter nemlig løsere festet til isen ved spissene enn ved de små flater og fordypninger i krystallet. Luften blir derfor lett undermettet omkring spissene og overmettet omkring flatene. Det skjer en sublimasjon fra krystallspissene til poreluften, samtidig som den omvendte prosess foregår fra poreluften til krystallets fordypninger og flater. På denne måten nedbrytes det dendritiske snekrystall og går over til et eller flere små avrundete snekorn. (Fig. 35, b). I den finkornede sne har snekornene en diameter på opptil 0,5—1 mm. Tilstanden er imidlertid kortvarig fordi omdannelsen fortsetter. Metningstrykket er nemlig større over små korn med liten kromningsradius, enn over større korn. Av samme grunn som for avrundingen av snekrystallet, skjer det en sublimasjon fra de små korn til poreluften og fra poreluften til de større snekorn. De minste snekorn avtar etter hvert i størrelse, mens de

større korn vokser, vanligvis til de oppnår en størrelse av 1—2 mm, men det hender at de kan bli opp til 4 mm i diameter (EUGSTER 1952).

Samtidig foregår det en viss pakking av sneen på grunn av snelagets vekt. Sneen synker sammen, og de avrundete snekorn legger seg inntil hverandre. Ved sublimasjon vandrer en del av vannmolekylene fra snekornenes konvekse flater til porevolumluften og forlater poreluften for å avsette seg i sprekkeene der snekornene ligger inntil hverandre. Årsaken er forskjellen i metningsstrykket som vi har sett ovenfor. Etterhvert vokser snekornene seg sammen og fastheten i snedekket øker.

I kaldt vær forekommer den motsatte prosess. Man sier at «sneen fryser istykker». Dette kan også forklares ved hjelp av metningsstrykkets variasjon med temperaturen (fig. 34). Som bekjent svinger lufttemperaturen i løpet av døgnet. Den er vanligvis lavest i de tidlige morgentimer, og øker utover formiddagen. Med en viss etterslepning vil snetemperaturen følge lufttemperaturen, særlig i de øvre snelag. Hvis luften er tørr og minimumstemperaturen lav, vil temperaturøkningen gi en økning av metningstrykket, så poreluften blir undermettet. Vannmolekyler sublimerer fra iskornenes sneoverflate og fra forbindelsen mellom iskornene til poreluften. Derved avtar sneens holdfasthet. Dette kan forårsake at sneen faller tettere sammen.

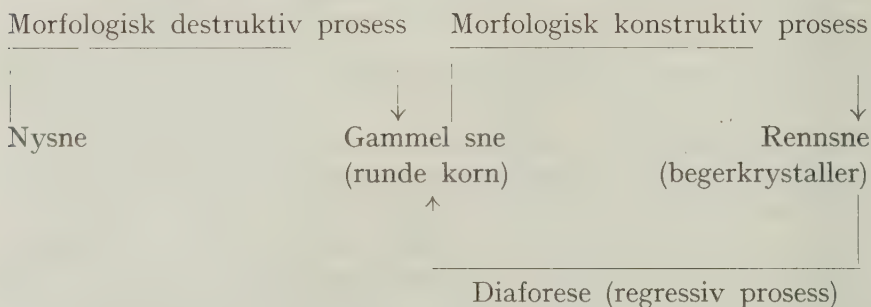
Fra kvelden og utover natten avtar vanligvis temperaturen. Da forekommer den motsatte prosess, så sneen øker i holdfasthet, men oftest med mere sammenpakket sne enn forrige døgn. Ved gjentatte temperaturstigninger og temperaturfall vil derfor sneen etter hvert bli fastere.

Den del av sublimasjonsmetamorfosen vi hittil har diskutert fører til en nedbrytning av krystallstrukturen. I gammel sne, og særlig langt nede i snelaget kan snekornene begynne å krystallisere seg igjen. Hvis sneen hviler på telefri grunn er temperaturen høy nærmest bakken, ofte i nærheten av 0°C. Den avtar oppover i snelagene og nærmer seg lufttemperaturen ved sneoverflaten. I kaldt vær vil denne temperaturgradient fremkalle konveksjonsstrømmer av poreluften fra de varmere til de kaldere snelag. Av fig. 34 fremgår at vanddampens metningstrykk er lavere jo kaldere luften er. Når den dampmettete luft fra de lavere snelag avkjøles etter hvert som den trenger oppover, blir den overmettet, og det skjer

en sublimasjon av vanddamp fra poreluften til snekornene. De øker i størrelse og krystalliserer seg. Krystallformen er imidlertid ikke dentritisk, men heksagonale begerkrystaller eller prizmer (fig. 35 c og d). Hvis temperaturgradienten blir mindre igjen, så det er liten temperaturforskjell i de forskjellige snelag, slutter krystallisasjonen. I steden fortsetter den nedbrytende sublimasjonsmetamorfose, som resulterer i en avrunding av snekornene.

Forutsetningen for konveksjonstrøm gjennom snelagene er at det er tilstrekkelig porevolum til å gi lett passasje for luften. I uberørt sne kan der imidlertid forekomme en *skiktfortetning* ved at kald nysne plutselig blir belastet og pakker seg sammen. Dette forekommer f. eks. når der like etter et snefall av kald og lett sne kommer et større snefall av tung sne. Det tette snelag vil stoppe eller bremse luftstrømmene, slik at metamorfosen begrenser seg til nedbrytning av nysne-krystallene og avrunding av snekornene. I et tykt snedekke kan det forekomme flere slike tette snelag. Temperaturgradienten mellom hvert av de fortettete skikt kan imidlertid fremkalle dannelse av begerkrystaller, så det danner seg flere lag med krystallisk gammel sne. (BUCHER 1948).

Den beskrevne sublimasjonsmetamorfose kan etter EUGSTER (1952) sammenstilles slik:



Er det liten temperaturforskjell i de forskjellige snelag, går sublimasjonsmetamorfosen langsomt. Ifølge BADER (1939) går omdannelsen relativt raskt hvis sneen er varmere enn ca. $\div 5^{\circ}\text{C}$, men ved lavere temperaturer enn $\div 8^{\circ}\text{C}$ tar omdannelsen meget lang tid. I naturen er det imidlertid vanligvis stor temperaturforskjell ned gjennom luftlagene, og erfaring viser at omdannelsen går forholdsvis raskt. QUERVAIN (1947) utførte et forsøk i 80 cm tykt nysnelag, hvor temperaturen ved bakken var 0°C , og tempera-

turgradienten 15°C pr. meter. Etter 10 dager var snekornenes diameter følgende:

80 cm over bakken: ca. 0,5 mm

40 cm over bakken: ca. 1,0 mm

5 cm over bakken: ca. 2—4 mm

Smeltemetamorfosen fører til en avrunding av snekornene (som første del sublimasjonsmetamorfosen), men prosessen går meget raskere. Er snetemperaturen 0°C , vil det danne seg en vannhinne rundt snekornene. På grunn av overflatespenningen søker vannoverflaten å innta en avrundet form. Vannet strømmer langs krystall-sidene fra fremspringende partier til fordypningene. Sne-kornene avrundes etter hvert, og ved sterkere smelting inntar de en tilnærmet kulefasong. WALL (1947) hevder at den flytende fase rundt snekrystallet kan inntre ved lavere temperaturer enn 0°C . Den vannhinne som danner seg rundt snekrystallet forårsaker smeltemetamorfose selv om det er noen få kuldegrader, hvilket kan forklare at omdannelsen skjer raskest når temperaturen er høyere enn ca. $\div 5^{\circ}\text{C}$.

Under smeltemetamorfosen trenger vannet seg også inn i mellomrommet mellom snekornene, og ved temperaturfall fryser de avrundete snekorn sammen til en begynnende skaredannelse. Hvis der blir overflod av vann, f. eks. ved en kraftig mildværsperiode, vil snekornene svinne sterkt inn, og mellomrommene delvis fylle seg med vann. Når det fryser til igjen, vil det danne seg et uregelmessig gitterverk av is og uregelmessige snekorn. Det blir skare. Det samme kan hende ved et kortvarig regnvær, idet porevolumet dels fylles med det tilførte vann og dels med smeltevann fordi regnvannet varmer opp snekornene.

I de dypere snelag holder temperaturen seg lav en tid selv om lufttemperaturen eller snetemperaturen ved overflaten er 0°C , fordi poreluften gjør sneen isolerende. Ved kortvarig regn eller mildvær blir derfor skaredannelsen begrenset til det øvre snelag. Er oppvarmingen kraftig og snekornene små, kan hele porevolumet bli fylt med vann, og ved tilfrysing får vi et tynt isdekke oppå sneen, det såkalte værislag. Isen er av dårlig kvalitet (sne-is), og består av snekorn som er forbundet med islag i mellomrommene. I trakter med vekslende vinterklima kan vi finne flere værislag i snedekket. Værislaget har vanligvis en tykkelse av 5—20 mm.

Solbestråling kan også fremkalle smeltemetamorfose. Dette er

årsaken til dannelsen av skarelag nær overflaten på etterm vinteren. Skaredannelsen kan komme istand selv om det er kaldt vær og er særlig utpreget hvor sneen er blitt grå og skitten, f. eks. på grunn av støv og avfall fra den omkringstående skog. De mørke partikler absorberer solvarmen bedre enn ren sne så oppvarmingen blir større.

Av det foregående ser man at snedekket er gjenstand for en kontinuerlig utvikling i løpet av vintersesongen, dels gjennom tilførsel av nysne av varierende kvalitet, og dels gjennom sin indre fysiske omdannelse. En systematisk sneklassifisering forteller i virkeligheten hvilket utviklingstrinn sneen har nådd, fordi tilstanden varierer fra dag til dag. Klassifiseringen kan være verdifull når man kjenner denne omdannelsesprosess og de faktorer som påvirker omdannelsen. I det følgende skal jeg beskrive en klassifisering delvis bygget på et forslag av RAMSLI (1951). Jeg har dog foretatt en del mindre endringer, slik at klassifiseringen passer til formålet med denne undersøkelse.

311.11 Nysne.

a. *Pulversne* (tørr nysne) dannes under lave lufttemperaturer og består oftest av enkeltkrystaller. Enkelte ganger, særlig når krystallene har hatt stor veksthastighet, er de sterkt forgrenet og har lett for å hefte seg til hverandre til større krystallaggregater, såkalt *dunsne*, som danner et meget løst og lett snedekke. Ved kunstig sammenpakking vil de tørre snekrystaller brytes i stykker, men kitter seg dårlig sammen. Den dårlige sammenhengskraft gir et lite bæredyktig veidekke som dessuten gir lav friksjonsmotstand for drivende hjul eller belter.

b. *Klabbsne* (kram nysne) dannes ved lufttemperaturer i nærheten av 0°C. Smeltemetamorfosen har oftest begynt før snekrystallene når bakken. De hefter seg derfor sammen til store snefloker som danner en tung og våt nysne. Ved kunstig sammenpakking kitter snekornene seg tett sammen, og da en del av porevolumet blir fylt med smeltevann, vil man oppnå et snedekke med stor holdfasthet umiddelbart etter snepakking. Da snekornene, og dermed mellomrommene mellom dem er små, har vannets hårrørskraft stor betydning for holdfastheten.

c. *Fokksne* (vindslitt nysne) dannes av pulversne ved vindslitasje i luften, eller etter at sneen har lagt seg på bakken. De istykkerrevne snekrystaller danner en støvlignende sne, som pakker seg

tett sammen. Da en liten del av snekornenes overflate smelter på grunn av friksjonsvarmen under transporten, blir krystallene mer eller mindre sammenkittet under pakkingen. Ved kunstig pakking kan man oppnå et holdfast dekke hvis temperaturen er høyere enn -5°C . I lengere perioder med kaldt stabilt vær kan imidlertid veibanen holde seg løs i lang tid, fordi omdannelsen går sent og snekornene kitter seg dårlig sammen.

311.12 Gammel sne.

Dette er sne hvor omdannelsen er kommet så langt at snekrystallene har gått over til mer eller mindre avrundete snekorn. Etter omdannelsesgraden kan gammelsneen deles i to grupper:

- a. *Finkornet sne* med kornstørrelse opp til 1,5 mm.
- b. *Grovkornet sne* med kornstørrelse over 1,5 mm.

Ramsli har foreslått en grense på 2 mm, men da våre målinger av snekornstørrelsen viste at det snepakkete veidekke som oftest stabiliserte seg på 1,5—2,5 mm kornstørrelse for store deler av vinteren, har jeg valt en grense på 1,5.

Gammelsneens fasthet varierer med snekornenes sammenkitting og dens naturlige pakkingsgrad. Ved kunstig sammenpakking vil den fasthet man oppnår variere med snekornenes størrelse. Er snekornene små pakker den seg godt, og den videre omdannelse går forholdsvis raskt hvis det er stor variasjon i snekorndiameteren. I mildt vær vil dessuten hårrørskraften bidra til å øke holdfastheten, fordi de små korn gir grunnlag for mange små kornmellomrom.

I meget grovkornet sne blir holdfastheten dårligere særlig hvis kornene har jevnstore diametre. Etter mildvær og påfølgende frysing øker imidlertid holdfastheten raskt. Når den grovkornete sne er gjenstand for naturlig pakking gjennom lang tid, kan den gå over til *firmsne*, hvor snekornene er godt sammenkittet og porevolumet meget lite. Den dannes i isbreer og er ofte avbrudt av en rekke rene islag.

c. *Rennsne* består av prisme- eller begerkrystaller nede i sne-dekket. Snehornene er dårlig sammenkittet og porevolumet stort, så sneen er løs og sukkerlignende. Den har liten indre friksjonsmotstand. Når man passerer med hjul- eller beltekjøretøy, virker det som man kjører i løs sand eller grus.

Ved kunstig sammenpakking faller rennsneen sterkt sammen på

grunn av det store porevolum, og fastheten er forholdsvis liten umiddelbart etter pakkingen. Hvis forholdene ligger til rette for smeltemetamorfose eller diaforese (se side 398) med etterfølgende sammenfrysing, kan man forholdsvis raskt oppnå et fast veidekke.

d. *Skare* består av sterkt sammensmeltete uregelmessige sne-korn. I kaldt vær danner den en hard sneskorpe av varierende tykkelse, som er meget bæredyktig mot mekaniske påkjenninger.

SELIGMAN (1936) har gitt en oversikt over de forskjellige sne-typers egenvekt og porevolum. Med porevolum mener vi her volumet av den dampmettete luft mellom snekornene angitt i % av sneens totale volum. Oversikten er en del utvidet av BADER (1939):

	Egenvekt i kg/dm ³	Porevolum i %
Dunsne	0,01—0,03	99—97
Pulversne.....	0,03—0,06	97—93
Fokksne, svakt pakket .	0,06—0,10	93—89
Fokksne, sterkt pakket .	0,10—0,30	89—67
Rennsne	0,20—0,30	78—67
Kornsne, tørr	0,20—0,40	78—56
Kornsne, våt	0,40—0,55	70—50
Firnsne, tørr	0,40—0,70	56—24
Firnsne, våt	0,60—0,80	50—20
Is	0,92	0

311.2 *Snepakket vei.*

Det materiale som det snepakkete veidekke skal bygges opp av, har helt forskjellige egenskaper alt etter opprinnelse og utviklingsgrad. Gjennom behandling av sneen søker vi å omdanne den til et fast, jevnt og bæredyktig veidekke. Vi benytter oss dels av hjelpemidler for å presse sneen sammen og jevne overflaten og dels av sneens fysikalske omdannelsesprosess for å øke veidekkets bæreevne.

Da vi begynte disse undersøkelser på Løvås i 1949, ble sneen presset sammen ved å slepkjøre et tømmerlass etter hesten. I første del av vinteren ble all nysne som falt på den første pakkete snesåle fjernet med brøyteplog. De hyppige snefall og de høye brøytekanter gjorde imidlertid vedlikeholdet vanskelig og kostbart, og den siste del av vinteren 1949 gikk vi over til å bruke hestslådd på veien.



Fig. 36. Oppkjøring av snevei. Ferguson med Bombardier halvbelter og traktorski.

Compaction of snow-road. Ferguson with Bombardier half-tracks and tractor-skis.

All nysne som falt på veien ble kjørt til under transporten og jevnet ut med slådden. Dette gav så gunstige resultater at vi benyttet metoden hele vinteren 1950. Vi hadde altså gjennomført transporten på en *snepakket vei*, og da de praktiske erfaringer fra disse forsøk gav forhåpninger om et billig og enkelt vedlikehold, ble alle de senere transportforsøk med hjultraktor gjennomført på snepakkete veier. (Vintrene 1951, 1952, 1953 og 1954). Samtidig utførte vi snemålinger for å få greie på hvilke faktorer som er av betydning for å oppnå et godt snepakket veidekke. Resultatet av målingene er vist i figurene 45—55.

Det første ledd i veidekkets bearbeiding er å trykke sneen sammen. Den dampmettete luft presses ut så snekornene legger seg tett inntil hverandre. For hesteveienes vedkommende kjører man vanligvis en slepvending langs veien, så sneen blir sammenpakket



Fig. 37. Oppkjøring av snevei. MAN firehjulsdreven traktor med tvillinghjul.

Compaction of snow-road. MAN four-wheel-driven tractor with twin-wheels.

av hestetråkk og lassets vekt. Dette må gjentas flere ganger før man oppnår en god kjørebane. I høy sne er snepakkingen meget tung for hesten, og ofte må man hjelpe til med snemåking eller brøyting. Det er mere rasjonelt å utføre første gangs pakking med en snegående traktor (LEIJONHUFVUD 1954). Den videre del av pakkingen utføres av transporten selv etterhvert som det faller nysne på veien.

Når man bruker traktor til tømmertransport, er det hensiktsmessig å innrette seg slik at traktoren også utfører veivedlikeholdet. (Fig. 36 og 37). Derved trenger man ingen spesialmaskin til pakking av veien. Med tom traktor kjører man langs den nysnedekket veibane, helst slik at man på opptur holder til høyre på veien og på tilbaketur kjører med venstre hjulpar eller belter midt mellom

de pakkete snespor. Etter noen få turer med tømmer på slep og mellomliggende nattefrost kan man vanligvis begynne transporten. Den videre pakking av nysne som faller på det pakkete veidekke utføres av selve transporten. Ved ekstra ordinært store snefall hender det imidlertid at man må kjøre en ekstra snepakkingstur med tom traktor.

311.21 Traktorenes snegående egenskaper.

For at traktorene skal kunne brukes til snepakking må de utstyres så de tar seg frem i løs sne. Dette spørsmål er ikke belyst

i hele sin bredde i denne undersøkelse og må bli gjenstand for spesielle forsøk. Det kan dog ha en viss interesse å diskutere spørsmålet, og jeg skal her begrense meg til å summere opp de viktigste erfaringer vi høstet under oppkjøring av 10 forsøksveier med 5 traktortyper utstyrt med forskjellige typer gummihjul, snekjettinger eller snebelter. Redegjørelsen bygger på dagboksopptegnelser og gjelder første gangs oppkjøring av traktorveiene, oppkjøring etter sterke snefall og oppkjøring av stikkveier til lunne plassene i vintrenes løp.

Under kjøring i nysne kan en vanlig hjultraktor godt ta seg frem hvis den er utstyrt med gode snekjettinger, f. eks. hesteskokjettinger (fig. 38), og har tilstrekkelig stor fri klaring på undersiden. Under kjøringen vil hjulene skyve til side og slure seg ned til de får tak i fast underlag. Jo større den fri klaring er under traktoren dess høyere sne kan den forsere. Har traktoren firehjulsdrift kan den kjøre gjennom meget tung og vanskelig sne på den

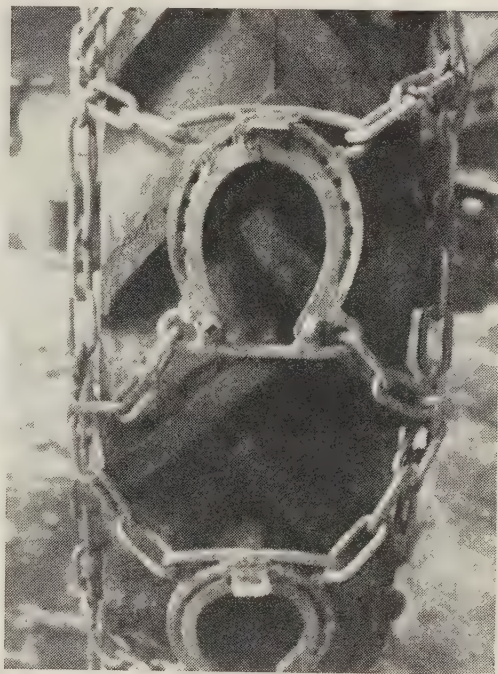


Fig. 38. Hesteskokjetting.
Snow-chain with horse-shoes.

måten. Når traktoren bare har drift på bakhjulene, må disse overvinne forhjulenes rullemotstand ved siden av sin egen rullemotstand og stigningsmotstanden. Den bakhjulsdrevne traktor har derfor betydelig mindre evne til å kjøre i løs sne når den bare er utstyrt med snekjetting enn en firehjulsdrevet traktor. Under denne form for snekjøring får man kjørt opp smale spor som delvis raser igjen og det blir ingen snepakking av betydning. Snepakkingen må i tilfelle oppnåes med spesielle hjelpemidler, f. eks. et tømmerlass på slep eller en pakkingsvalse.

Ved å utstyre den 4-hjulsdrevne MAN-traktor med tvillinghjul foran og bak oppnådde vi gunstige resultater. Da blir bakhjulenes spesifikke trykk mot bakken redusert til ca. $0,3 \text{ kg/cm}^2$, når traktoren synker ca. 40 cm ned i sneen eller til en dybde som tilsvarende den fri klaring under traktoren. Dette er det samme spesifikke trykk som for de fleste tyngre helbeltetraktorer og som en voksen mann øver mot underlaget når han går. På grunn av den store bredde blir sneen pakket under tvillinghjulene i stedet for å bli skjøvet til siden. Bak hvert bakhjul blir det derfor pakket et bredt snespor, og da det er drift på alle hjul, behøver hvert hjul bare å overvinne sin egen rullemotstand under fremkjøring på horisontal mark. Hvis nysneen er kram så den setter seg, skjer kjøringen uten særlig sluring av hjulene.

De beste resultater får man imidlertid ved å rygge traktoren under snepakkingen. Dette skyldes at bakhjulene har mindre specifikt trykk eller større flyteevne enn forhjulene. Under ryggingen flyter forhjulene på de spor som bakhjulene pakker.

Belteutstyr gir traktorene bedre flyteevne enn tvillinghjul. Av tabell IV sees at ved å montere halvbelter på bakhjulsdrevne traktorer er det gjennomsnittlige spesifikke trykk mot bakken $0,19 \text{ kg/cm}^2$ for Bolinder Munktell, $0,16 \text{ kg/cm}^2$ for David Brown og $0,12 \text{ kg/cm}^2$ for Ferguson. Beltene har dessuten den fordel at veidekket blir jevnere etter pakkingen fordi tvillinghjulene følger terrengujevnhetene i større grad enn beltene. Beltene etterlater seg derfor et jevnt og pent snespor, mens tvillinghjulenes spor blir meget ujevnt (se fig. 36 og 37).

Det er en kjent sak at belter har lett for å pakke seg med sne. Under snekjøring med stålbelter hender det at det legger seg sne på beltenes innside, så det blir sterkt press mellom belter, og beltehjul. Dette resulterer i øket stramming av beltene, og det hender

at presset blir så stort at belter eller traktorens ramme ryker (LEIJONHUFVUD 1950). Man er særlig utsatt i nysne eller lite omdannet finkornet sne, når temperaturen er $\div 3$ til $\div 4^{\circ}\text{C}$ og lufttemperaturen er lavere enn snetemperaturen. Vi har tidligere sett at der kan være en hinne av vann rundt snekornene under slike temperaturforhold. På grunn av friksjonsvarmen ved beltenes sluring kan snekornene bli utsatt for en viss smeltemetamorfose. Når sneen føres med beltene opp i den kalde luft, fryser kornene fast til hverandre og til beltene.

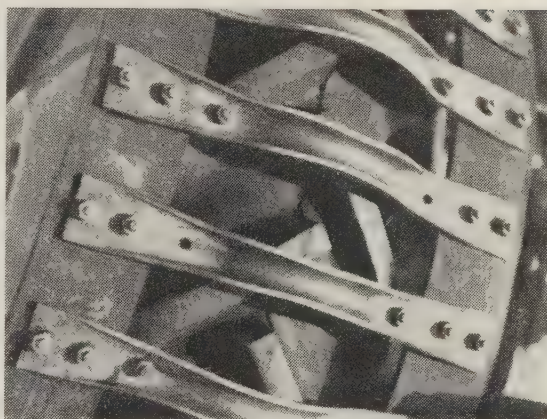


Fig. 39. Bombardier halvbelter med flyteribber.
Bombardier half-tracks with bearing shoes.

Når lufttemperaturen er høyere enn snetemperaturen er man mindre utsatt for dette forhold, og det samme er tilfelle hvis sne- og lufttemperaturen er lavere enn ca. $\div 8^{\circ}\text{C}$. I grovkornet sne blir anleggsflaten mellom snekornene mindre enn i finkornet sne. De fryser derfor ikke så godt sammen og har lettere for å brytes fra hverandre under beltenes arbeide og vibrasjoner. Faren for klabbing er derfor mindre.

For å unngå klabbing i $\div 3$ til $\div 4^{\circ}\text{C}$ nysne, må beltene være åpne og ha små anleggsflater mellom belter og hjul. For halvbeltenes vedkommende er dette løst ved tverribber festet til gummi-reimer eller kjettinger i hver ende. Den side av tverribbene som vender inn mot hjulene, bør være avrundet så sneen ikke festner seg så lett til dem. Er ribbenes innside flat, danner det seg et sne- eller isbelegg på dem som har samme virkning som på stålbeltenes under kjøring i ugunstige sneforhold. Da beltene er lagt om traktorens bakhjul og mellomhjul, som også er forsynt med luftfylte dekk, vibrerer de under kjøringen så den sne som måtte festne seg under vanskelige sneforhold vanligvis blir ristet av igjen. De belter som er montert på Fergusontraktoren (fig. 39) viste seg

meget gode i denne henseende. David Browntraktorens belter (fig. 40) var også bra, men da deres anleggsflater mot hjulene var 2" brede, festnet den finkornete sne seg til dem når temperaturen var $\div 3$ til $\div 4^{\circ}\text{C}$. Bolinder Munkteltraktorens halv-belter (fig. 41) var stålbelter, og her hadde vi de største vanskeligheter med sneklabbing.

Under kjøring i løs sne har belastningsforholdene langs beltene stor betydning. Som eksempel skal vi se på belastningsforholdene for Fergusontraktoren utstyrt med Bombardier halvbelter og traktorski. Traktorskiene øver det samme spesifikke trykk mot underlaget som beltene, nemlig $0,12 \text{ kg/cm}^2$.

Når motoren kobles inn så beltene setter seg i bevegelse for å skyve traktoren fremover, blir sneen utsatt for to typer komponentkrefter, nemlig en horisontal kraftkomponent som overføres fra motoren til sneen via sneribbene og en loddrett kraftkomponent på grunn av traktorens vekt. Resultantkraften av disse to komponenter er større enn belastningen ifølge traktorens vekt. Den er større jo mer kraft man overfører fra motoren til beltene. Dette innebærer at når man kjører i løs og skjør sne, har sneen lett for å gi etter under sneribbene, så beltene slurer. I slike tilfelle må man være meget forsiktig med å overføre for stor kraft fra motoren til beltene, og de må gå langsomt for at sneen ikke skal bli slått i stykker. Man bør derfor kjøre på traktorens laveste gear, og gi motoren et minimum av gassblanding så traktoren lister seg fremover sneen. I spesielt vanskelig sne oppnår man best resultat ved å kjøre med motoren på tomgang. Begynner beltene å slure, må motoren øyeblikkelig kobles ut. I motsatt fall graver traktoren seg ned og setter seg fast.

På horisontal mark er det spesifikke trykk mot underlaget ca. $0,06 \text{ kg/cm}^2$ under Fergusonbeltenes forende og ca. $0,18 \text{ kg/cm}^2$ ved beltenes bakre ende. Beltenes forende har altså mindre spesifikt trykk enn traktorskiene, hvilket er hensiktsmessig fordi belteribbene belaster sneen både med det spesifikke trykk og med trykk på grunn av beltenes drivkraft.

Etter hvert som sneen blir presset sammen under beltet blir holdfastheten vanligvis større. Når beltenes bakre ende passerer over sneen, tåler den et høyere spesifikt trykk enn da beltenes forende nådde sneen. Det er derfor gunstig med et lavere spesifikt trykk under beltenes forende enn under deres bakre ende.



*Fig. 40. Halvbelter for David Brown.
Half-tracks on David Brown.*



*Fig. 41. Halvbelter for Bolinder-Munktel.
Half-tracks on Bolinder Munktel.*

Da sneen presses sammen etter hvert som traktoren passerer, vil den synke mest nedi bak. Den stiller seg på skrå i forhold til sneoverflaten, og mere jo dypere sneen er og jo løsere eller større porevolum sneen har. Under kjøring i løs sne kjører derfor traktoren stadig i motbakke selv på horisontal mark. Det hender ofte at traktorskiene blir løftet opp fra sneoverflaten eller hviler meget løst på sneen. Da forrykkes belastningsforholdene i retning av at det spesifikke trykk blir meget lite under traktorskiene, med en tilsvarende økning under beltenes mellomhjul. Man har for så vidt lite glede av skienes store bæreflate. Av og til hender det imidlertid at beltene treffer på løsere sne og traktoren faller fremover igjen. Har traktoren forhjul istedet for traktorski, vil disse synke dypt ned i sneen. Det skal forholdsvis stor kraft til å kjøre dem fri, og under dette arbeid hender det ofte at traktoren setter seg fast.

Stiller traktoren seg meget bakover under kjøring i løs sne må beltefriksjonen overvinne såvel beltenes rullestand og skienes glidende friksjon som stigningsmotstanden. For å redusere stigningsmotstanden er det en fordel å belaste traktoren foran så den retter seg mere opp.

I denne forbindelse bør det påpekes at traktorskiene er lagret litt bakenfor midten, for at de skal søke opp under kjøring fremover i løs sne. Dette gjør at de vil grave seg ned under rygging. Veiene bør derfor planlegges så man unngår rygging under snepakkingen. Hvor traktoren skal snu, bør det f. eks. legges rundkjøringsveier. Kan dette ikke gjennomføres, eller er veien dårlig planlagt, er det fordelaktigere å bruke hjul foran på traktoren. I så fall bør hjulene ha stor felgbredde, så flyteevnen blir størst mulig.

Fasongen på belteribbene har stor betydning for traktorens evne til å kjøre i løs sne. Etter en del eksperimentering fant vi at beltene bør være forsynt med to slags sneribber, nemlig *flyteribber* og *griperibber*.

Flyteribbenes (fig. 42, b) viktigste oppgave er å bære traktoren. De bør derfor ha tilstrekkelig stor anleggsflate til å flyte på sneen, samtidig som de bør ha tilstrekkelig stor avstand til å slippe sneen igjennom. En ribbebredde på ca. 2" med 4" mellomrom viste seg hensiktsmessig.

Griperibbenes (fig. 42, a) viktigste oppgave er å skyve traktoren fremover. De bør derfor være skovlformet, med den flate side som står vinkelrett på beltene rettet bakover. En skovlhøyde på 2"

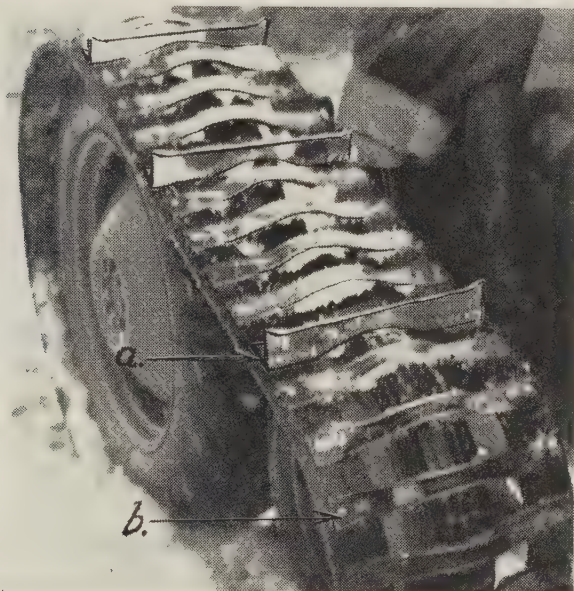


Fig. 42. Bombardier halvbelter med griperibber (a) og flyteribber (b).

Bombardier half-tracks with gripping-shoes (a) and bearing-shoes (b).

gav et gunstig resultat. Griperibbene bør ikke stå for tett. Da brytes den pakkete snekake som danner seg under beltene i stykker, og beltene har lettere for å slure. Er avstanden mellom griperibbene større, danner det seg et sammenhengende parti av nypakket sne mellom hver sneribbe under beltene, og den er mer holdbar mot sluring. Da den pakkete sne under beltene ikke brytes ved for tett beliggende griperibber, flyter traktoren bedre på sneen. Vi fant at avstanden mellom griperibbene bør være 40—50 cm (se fig. 42). Flyte- og griperibbenes oppgave går endel over i hverandre, idet flyteribbenes friksjon mot sneen hjelper griperibbene i å skyve traktoren frem, samtidig som griperibbene også hjelper til å bære traktoren.

Under kjøring på sne av større holdfasthet, f. eks. ferdigpakket snevei, er avstanden mellom griperibbene av mindre betydning. Da kan man oppnå god beltefriksjon selv om hver ribbe er utformet som en griperibbe. Vi skal imidlertid senere se at belter med flyteribber og stor avstand mellom griperibbene har høy friksjon selv

om veien er meget fast. Da det vanligvis stadig legger seg nysne oppå det snepakket veidekket i løpet av vinteren, oppnår man det beste samlede resultatet med snebelter hvor avstanden mellom griperibbene er 40—50 cm.

Traktorens totalvekt spiller en rolle for dens evne til å kjøre i løs sne, ved siden av det spesifikke trykk mot underlaget. Såvel rullemotstanden som stigningsmotstanden øker nemlig med vekten, og man må derfor bruke større kraft på de drivende hjul eller belter for å skyve traktoren fremover. Derved blir resultantkraften av vektkomponenten og drivkraftkomponenten større og har lettere for å knuse den sne som er pakket under belter eller hjul. Da pakkingsgraden øker jo større det spesifikke trykk mot sneen er, betyr dette at en tung traktor må ha større specifikt trykk mot underlaget enn en lett traktor for å kjøre like godt i løs sne. På den annen side gjør det høyere spesifikke trykk at traktoren synker dypere i sneen, så den må ha større fri klaring under for å passere samme snedybde som den lette traktor.

Av de undersøkte traktorer gikk halvbeltetraktorene bedre i løs sne enn de firehjulsdrevne traktorer. Av halvbeltetraktorene gikk den letteste, nemlig Ferguson best. Hvis sneforholdene er slik at en voksen mann synker i til knes, vil traktoren vanligvis ta seg frem. (Fig. 43 og 44). Deretter kom Bolinder Munktell, med David Brown på tredje plassen. Den firehjulsdrevne MAN-traktor med tvillinghjul gikk omtrent like godt i løs sne som David Brown-traktoren med halvbelter. Unimogtraktoren var derimot meget dårlig til å ta seg frem i løs sne.

Den lette traktors overlegenhet under kjøring i løs sne, viste seg særlig i motbakkene på grunn av den lave stigningsmotstand. Som eksempel kan nevnes at traktorene måtte passere en kneik med ca. 200 ‰ stigning på traktorveien på Sollihøgda 1953. Med et nysnelag på 20—30 cm (ca. $\div 2^{\circ}\text{C}$) var Fergusontraktoren den eneste som greidde å kjøre opp. Denne traktor kjørte opp stigningen uten særlige vanskeligheter. Alle forsøkstraktorene unntatt Unimog kunne vanligvis kjøre i et nysnelag på inntil 50 cm, når det var fast underlag og motstigningen ikke oversteg ca. 50 ‰. Sterkere motstigninger reduserte kjøreevnen betydelig, særlig for de tyngre traktors vedkommende. Ferguson klarte imidlertid å kjøre i inntil 50 cm nysne selv om motstigningen var 100—120 ‰. Da traktorene oftest må passere brattere bakker enn 50 ‰ på vanlige

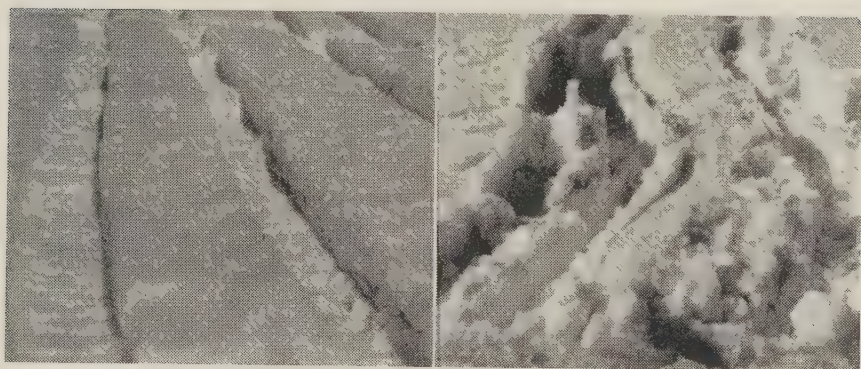


Fig. 43 og 44. Snesper etter kjøring med Ferguson med halvbelter og traktorski (fig. 43), og etter MAN firehjulsdriven traktor med tvillinghjul (fig. 44). Snedybde = 90 cm. Sollihøgda 25. febr. 1953. MAN-traktoren satte seg fast og måtte vinsjes løs.

Tracks in snow made by Ferguson with half-tracks and tractor-skis (fig. 43) and MAN four-wheel-driven tractor with twin-wheels (fig. 44). Depth of snow 90 cm. Sollihøgda 25th Feb. 1953. The MAN tractor became fixed in the snow and had to be helped out by winch.

norske traktorveier, må man bruke spesielle hjelpemidler for å ta seg opp bakkene. Man kan f. eks. kavlelegge sneen. Man hogger smågran eller lignende og legger dem ukvistet på tvers av veibanen med $1/2$ —1 meters mellomrom. Man kan også feste tynne trekavler på beltene med en halv meters mellomrom, for å gi dem bedre flyteevne. Kavlene bør stikke ca. 20 cm utenfor beltene. Begge disse metoder er arbeidskrevende. Det er bedre at traktorene er utstyrt med vinsj, slik at de kan taue seg selv opp de verste motbakker.

De nevnte tall for kjørbare snedybder forutsetter at traktor-beltene er utstyrt med gode griperibber, eller at hjulene har gode snekjettinger. Dessuten forutsetter de at nysneen kitter seg sammen under pakkingen. Har nysneen eller den finkornete lite omdannede sne en temperatur i nærheten av 0°C , går derfor pakkingen lett. I tørr nysne som er kaldere enn ca. -8°C brytes snekrystallene i stykker under kjøringen, og kitter seg dårlig sammen. Det blir dårlig friksjon mellom drivende hjul eller belter og sne, så traktoren slurer og har vanskelig for å passere dyp sne. Hvis der under slike forhold er stor temperatur-gradient i snelaget, vil sluringen medføre en blanding av kaldere og varmere sne, samtidig som friksjons-

varmen smelter en del av snekornenes overflate. Da slik sne oftest er meget lett, greier traktoren å passere ved å slure seg ned så hjulene får tak i fast underlag, og den nevnte blanding av kalde og varme snelag gjør at sneen herdnes forholdsvis raskt i sporene. (Se senere).

De vanskeligste kjøreforhold gir nysne av $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Også her kan traktoren ta seg frem ved at griperibbene eller snekjettingene slurer seg ned til fast underlag. Som tidligere nevnt har imidlertid beltene lett for å klabbe i dette temperaturområde. Det hefter seg sne til flyte- og griperibbene, så gripeeviden blir redusert og beltene har lett for å slure. Blir det en stabil periode med en snetemperatur på $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$ og små døgnvariasjoner i temperaturen kan man få en finkornet sne som kitter seg dårlig sammen og gir en løs og dårlig veibane i lengre tid. (Se kapittel 311.22).

I eldre grovkornet sne går traktorene lettere enn i nysne. Da porevolumet er mindre, synker traktorene ikke så dypt ned. I kaldt vær er kornene ofte godt sammenfrosset, og traktorene bæres bra oppe. Under slike forhold blir dog pakkingen dårlig. Hvis sammenfrysingen ikke er større enn at traktorene bryter forbindelsen mellom snekornene, blir kjøreforholdene sammenlignbare med kjøring i sand eller grus. Belteutstyr med gode griperibber gir derfor de beste kjøreegenskaper. Ved snetemperatur omkring 0°C pakker sneen seg bra under beltene eller hjulene og gir meget bæredyktige kjørespor.

Hvis sneens omdannelse og den naturlige pakking er langt fremskredet, kan de letteste traktorer ta seg frem i meget stor snedybde. Resultatet blir da oftest en sålepakket snevei (se senere). De tyngre traktorer vil dog lett slure seg ned under slike forhold. Traktorbuken setter seg fast i sneen, så beltene eller hjulene ikke får tak, og traktorene greier ikke å ta seg frem i vesentlig større snedybde enn for nysneens vedkommende. Som eksempel kan nevnes at under oppkjøringen av traktorveien i Jysereid 1951 var snedybden ca. 190 cm, og bestod vesentlig av grovkornet sne. En 3 tonn beltetraktor hvis spesifikke trykk under beltene var ca. $0,3\text{ kg/cm}^2$ satte seg fast i denne sne. Veiene ble kjørt opp med Fergusontraktoren med halvbelter og traktorski.

Av det foregående vil fremgå at traktorene på ingen måte er spesialmaskiner som kan ta seg frem i hvilken som helst sne. Men med spesielt sneutstyr er det lyktes å få frem traktorer som tar

seg frem under ganske vanskelige sneforhold. Da vi senere skal se at det samme utstyr gir traktorene gode egenskaper som trekkraft for tømmerlass på snepakket vei, kan man ved en hensiktsmessig planlegging av driften, fremme transporten med traktorer som selv pakker og vedlikeholder sneveien.

311.22 Øking av sneens bæreevne.

Under snepakkingen blir sneen trykket sammen. Snekrystallene brytes i stykker, og snekornene legger seg inntil hverandre. Presset

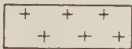
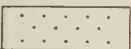

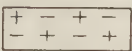
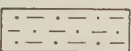
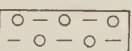
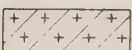
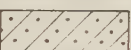
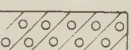






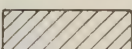
<i>Fasthet</i> <i>Firmness</i>	<i>Nysne</i> <i>New snow</i>	<i>Gammel sne</i> <i>Old snow</i>	
		<i>Finkornet sne</i> <i>Small-grainy snow</i>	<i>Grovkornet sne</i> <i>Big-grainy snow</i>
<i>Løs sne</i> <i>Soft snow</i>			
<i>Middels hard sne</i> <i>Medium firm snow</i>			
<i>Hard sne</i> <i>Firm snow</i>			
<i>Pakket sne</i> <i>Compact snow</i>			
<i>Oppsmuldret våt sne</i> <i>Crumbled wet snow</i>			
<i>Snekrystaller</i> <i>Snow crystals</i>			
<i>Is</i> <i>Ice</i>			
<i>Tele</i> <i>Frozen ground</i>			

Fig. 45. Tegnforklaring til sneprofilene (side 416—428). Delvis etter BUCHER 1948.

Explanation of snow-profile diagrams (page 416—428). Partly according to BUCHER 1948.

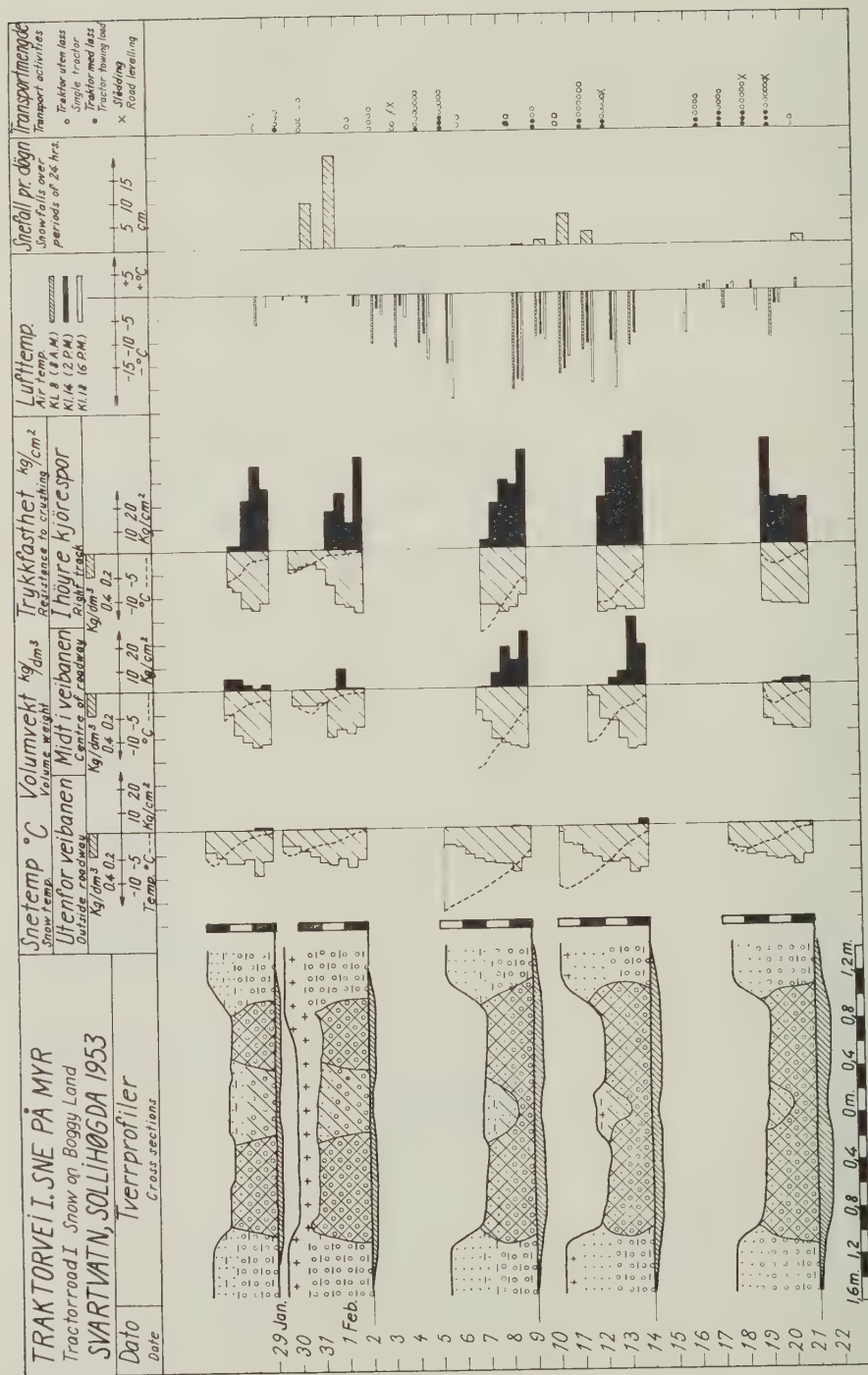


Fig. 46.



Fig. 46. Fortsatt. Continued.

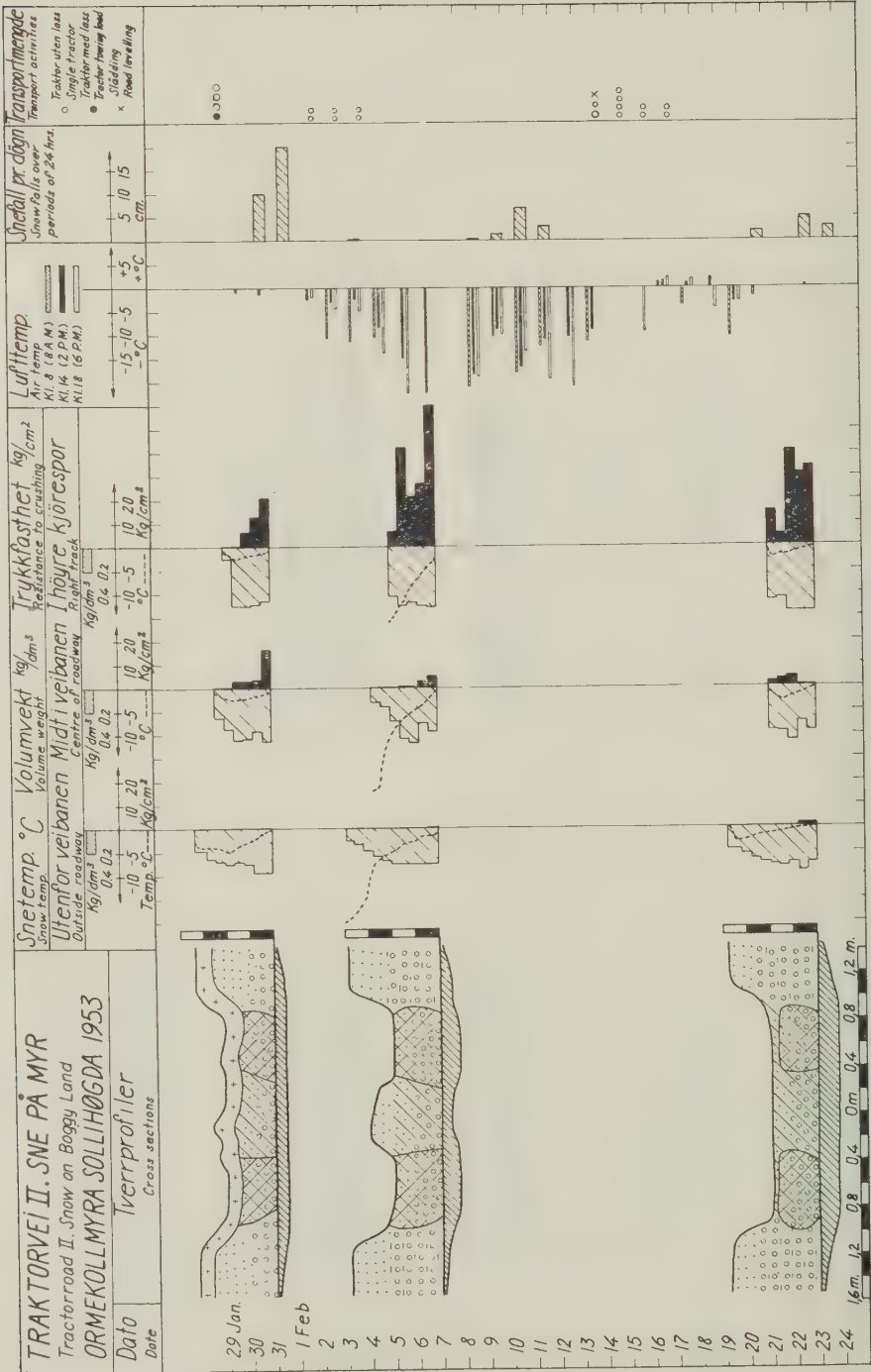


Fig. 47.

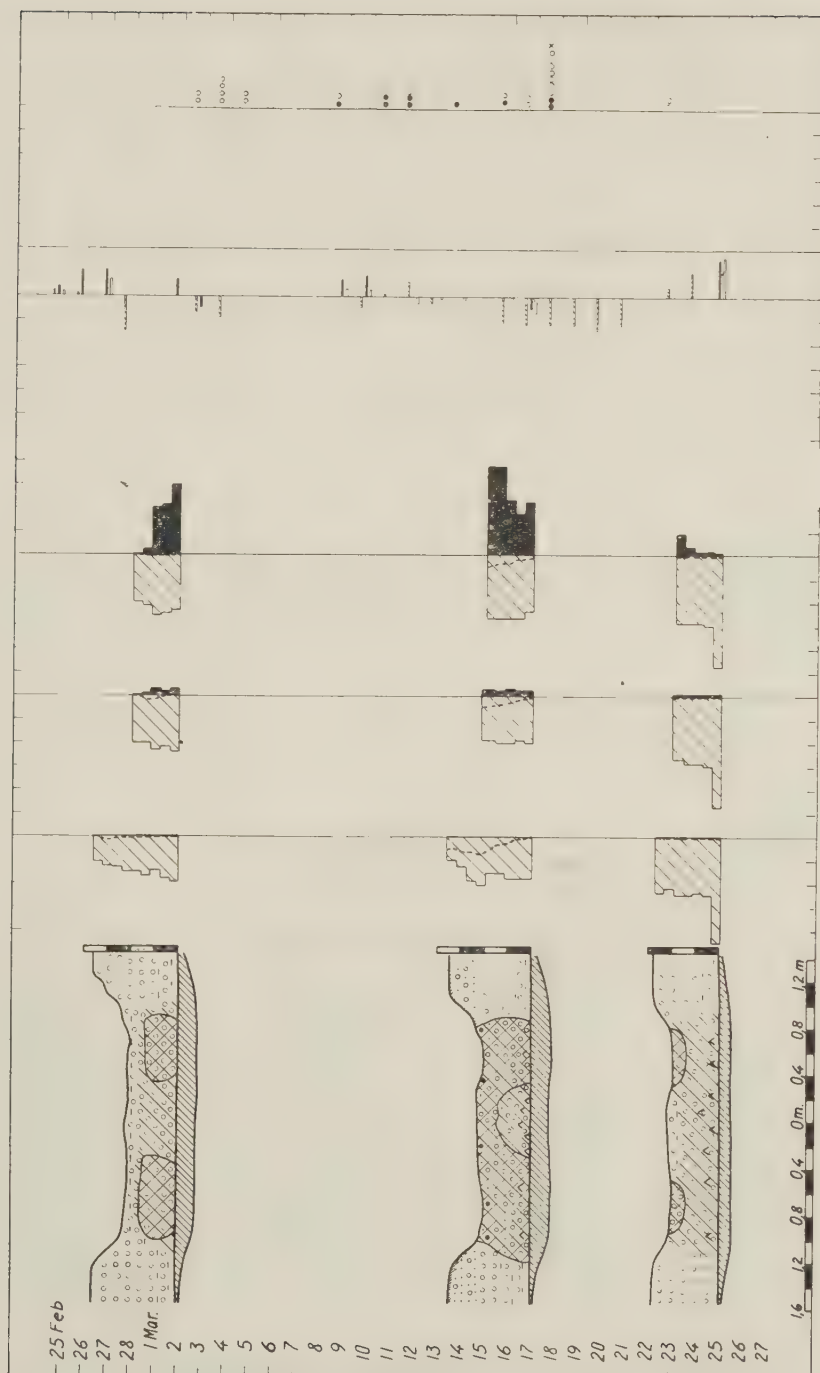


Fig. 47. Fortsatt. Continued.

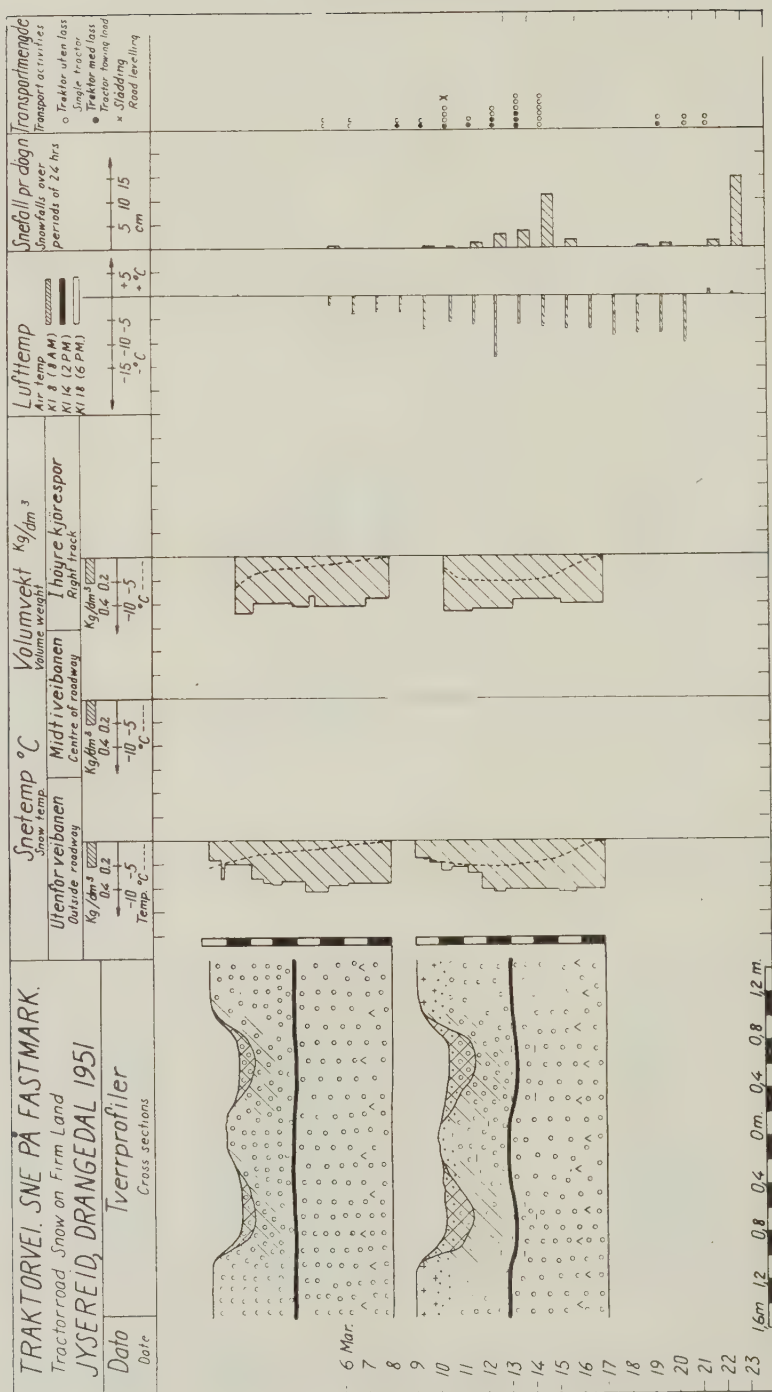


Fig. 48.

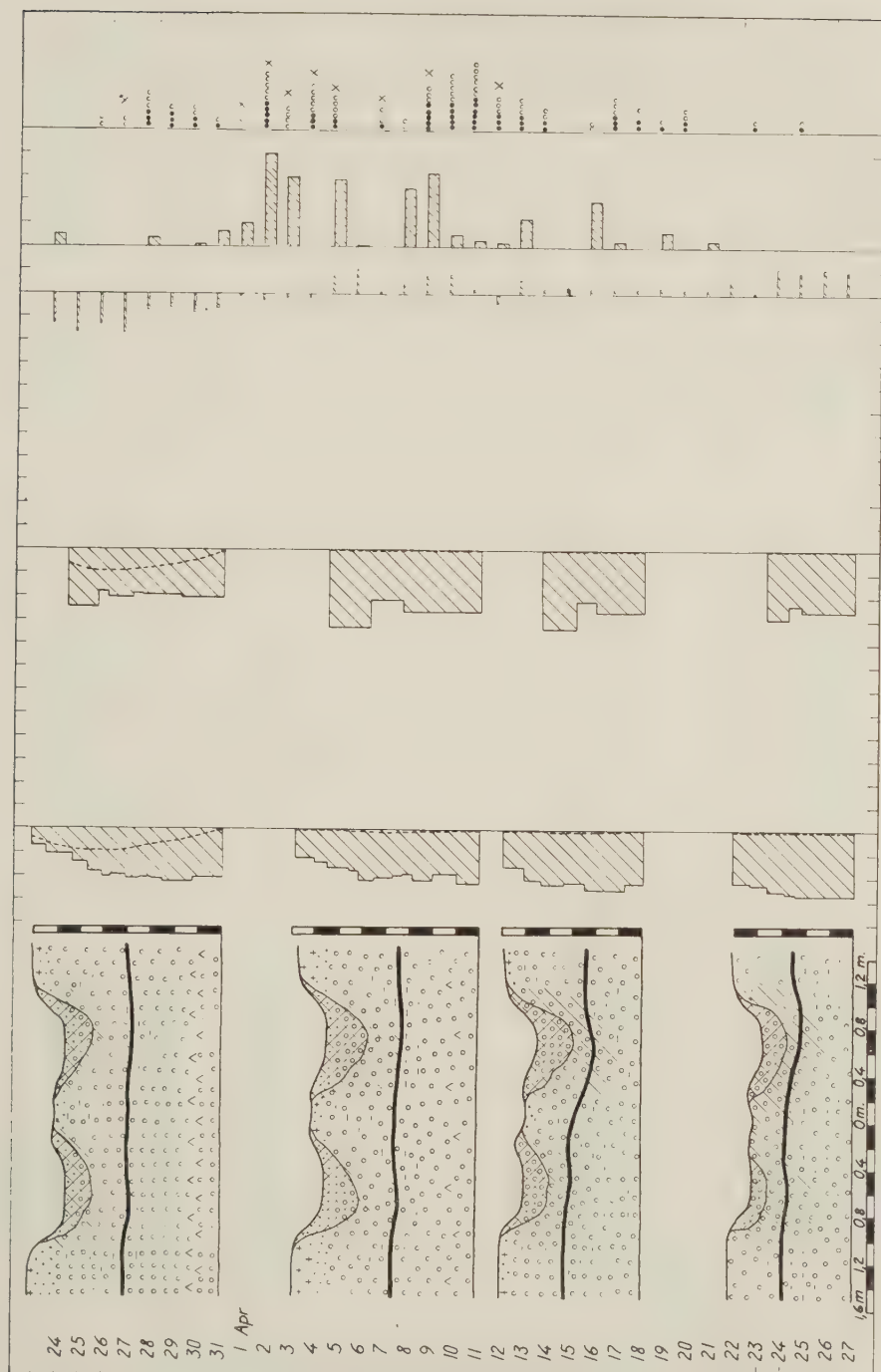


Fig. 48. Fortsatt.⁷ Continued.

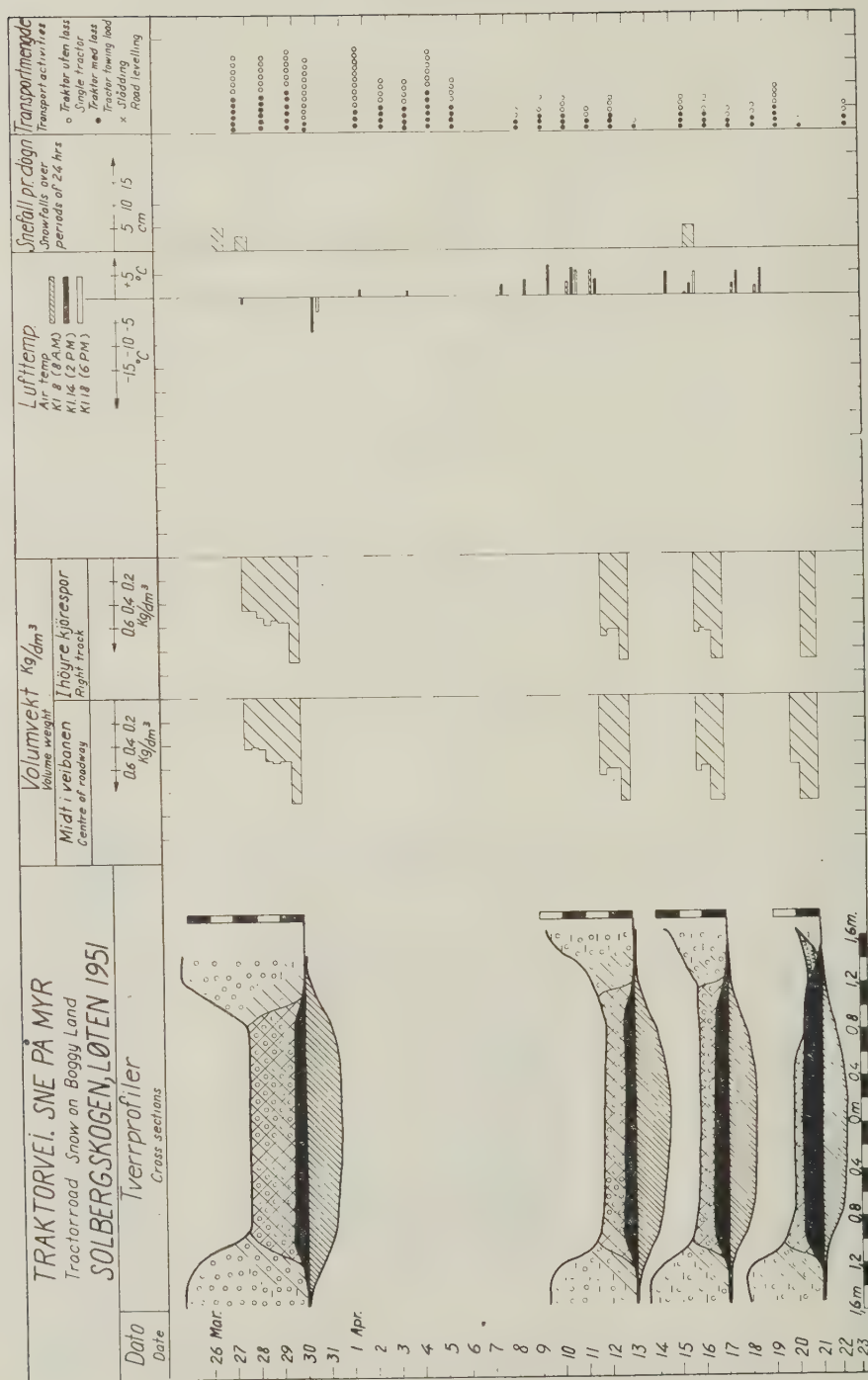


Fig. 49.

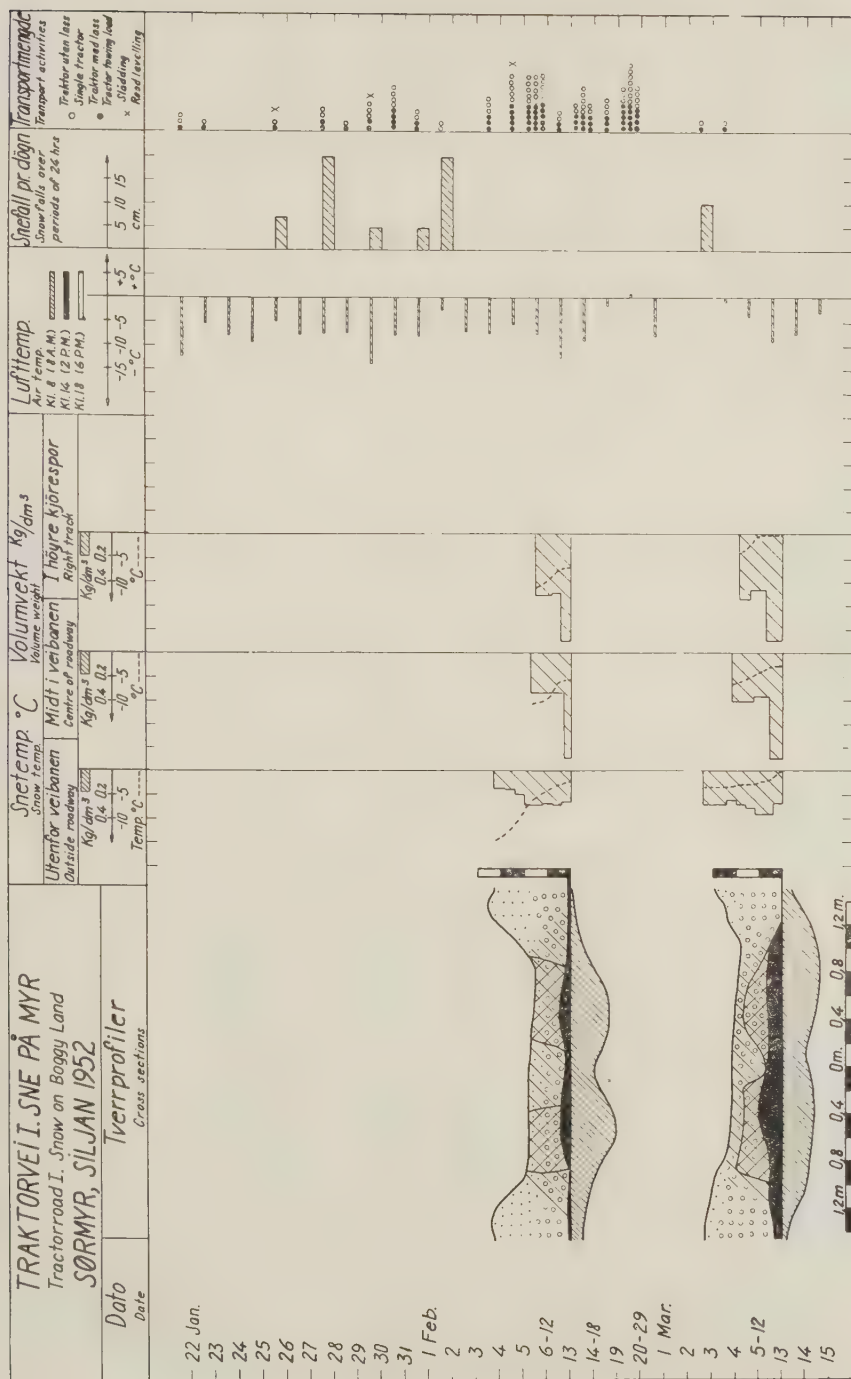


Fig. 50.

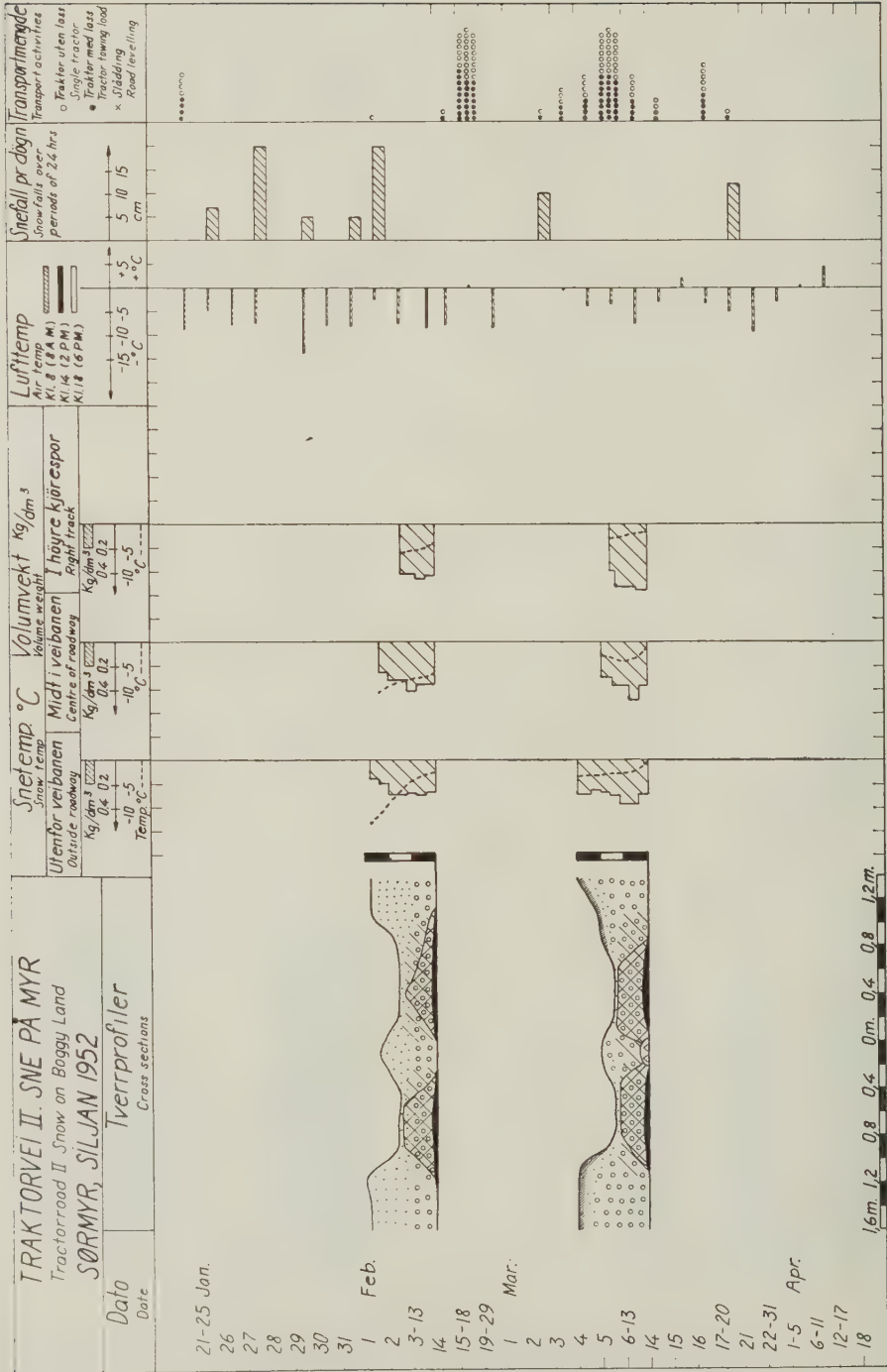


Fig. 51.

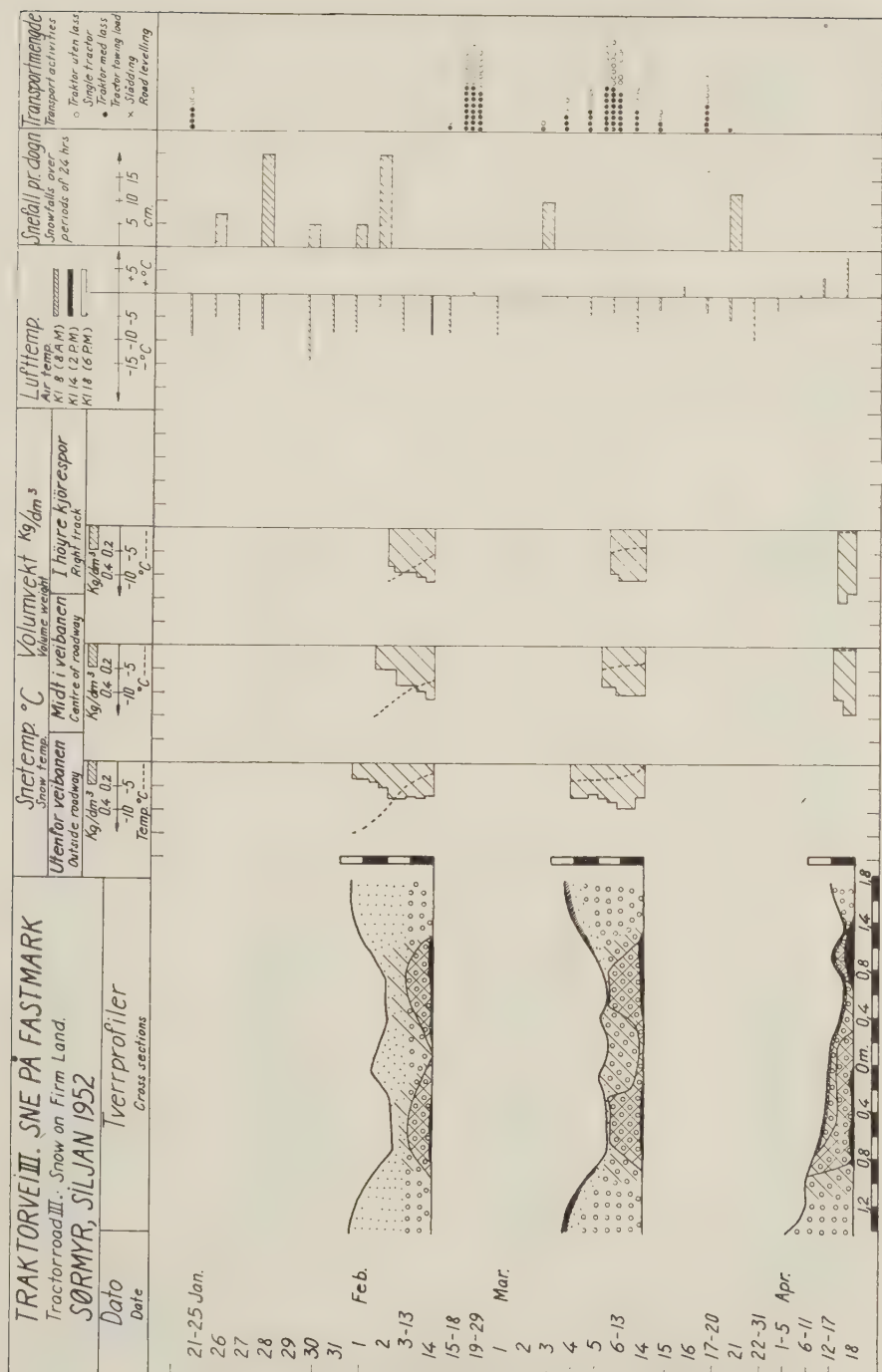


Fig. 52.

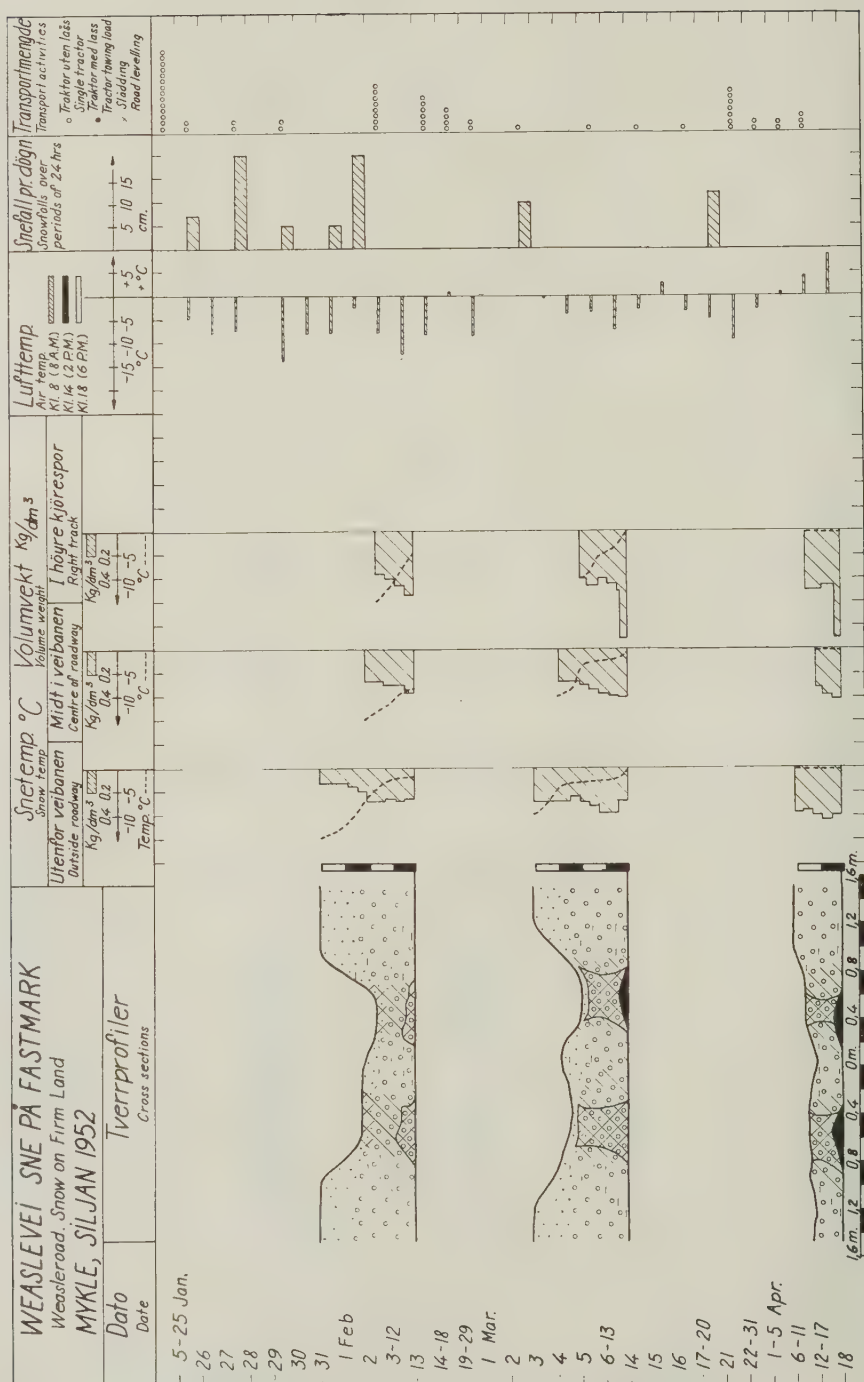


Fig. 53.

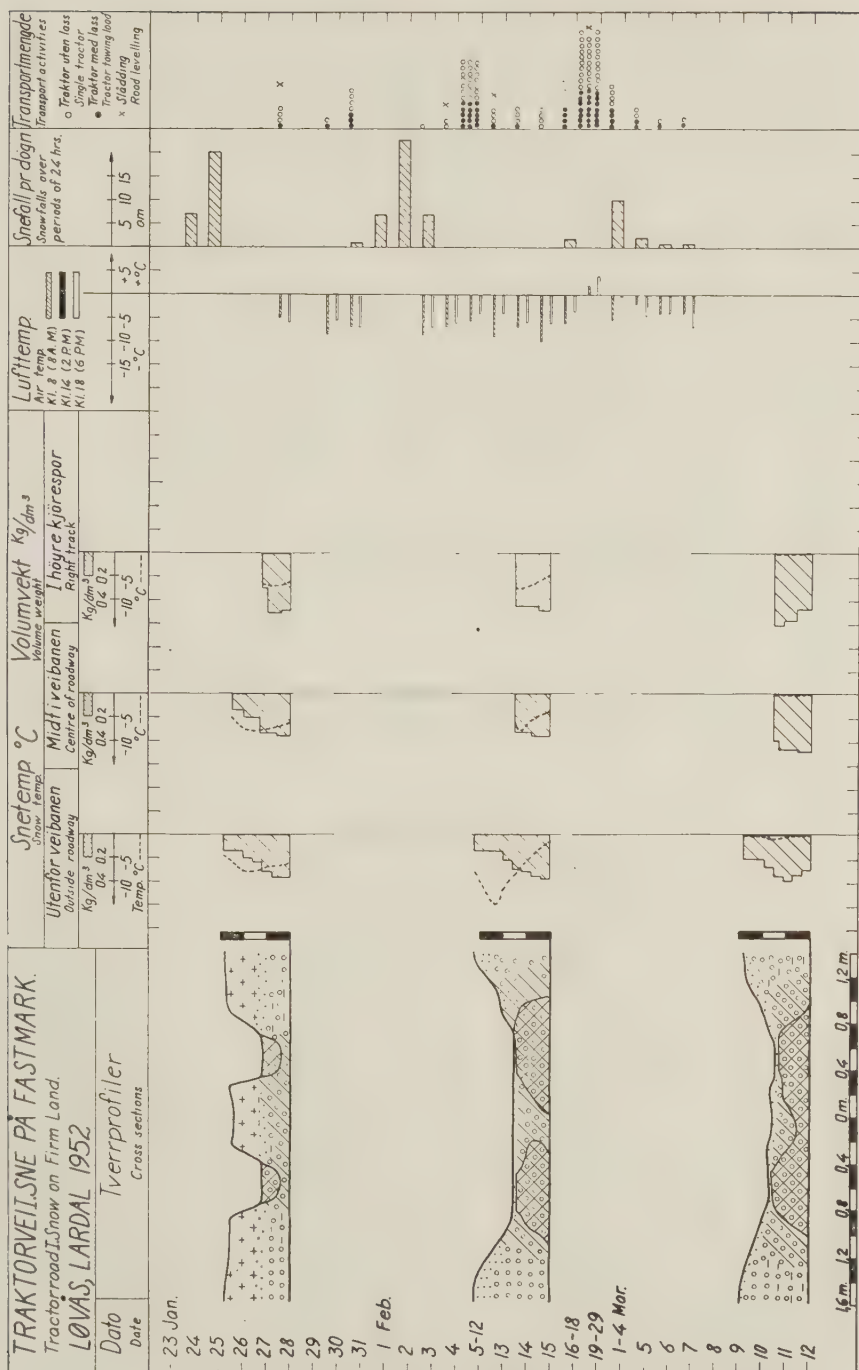


Fig. 54.

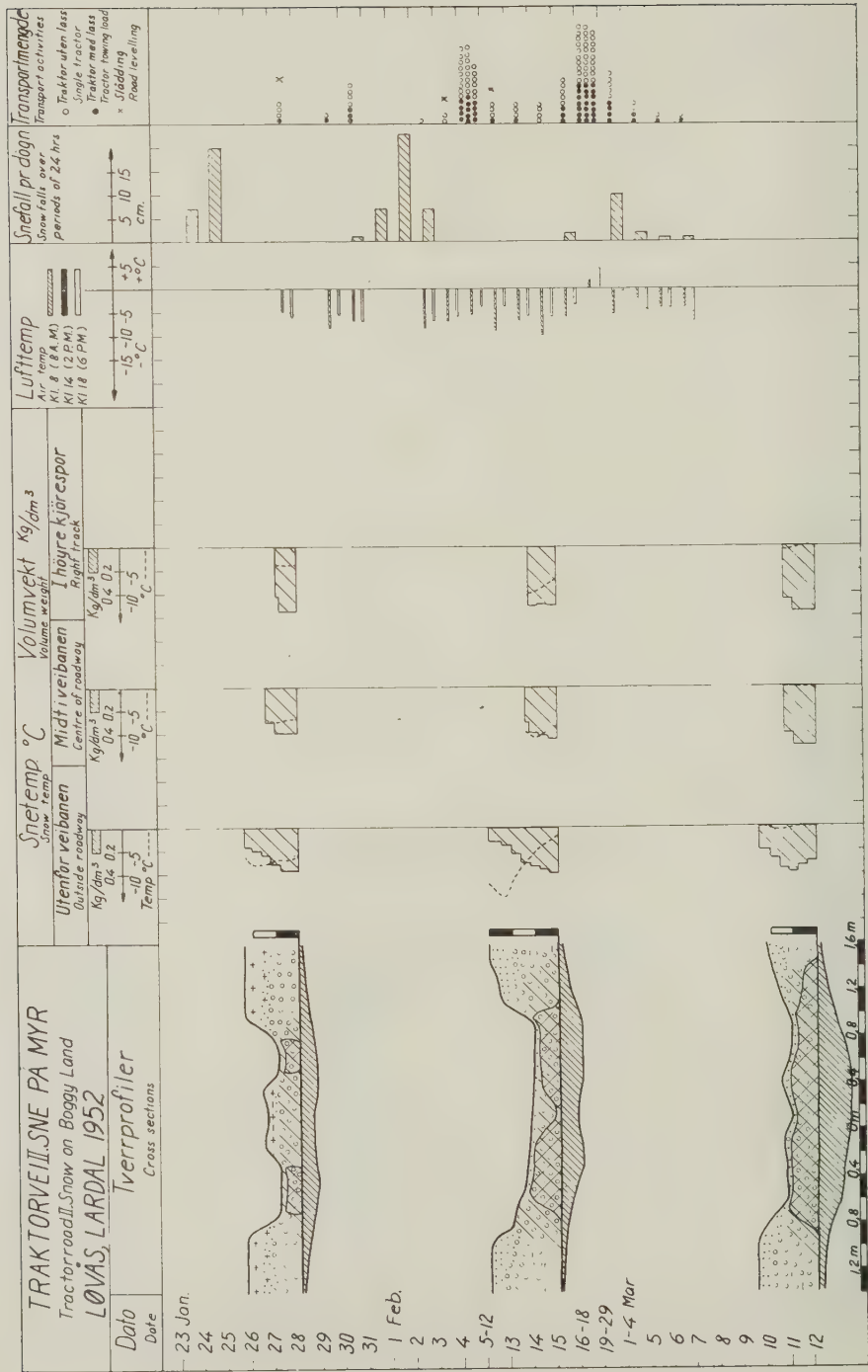


Fig. 55.

kan til en viss grad fremkalle regelasjon, idet enkelte snekorn presses sammen med så stort trykk at berøringspunktene smelter for etterpå å fryse sammen. Dette skjer særlig ved temperaturer i nærheten av 0°C . I kaldere sne forekommer det i så liten utstrekning at det er av uvesentlig betydning for økingen av bæreevnen. (ERIKSSON 1954, AGER 1955).

Er nysnettemperaturen 0°C (kram nysne) vil mellomrommet mellom snekornene delvis fylles med smeltevann, og det pakkete snedekke får stor holdfasthet med en gang på grunn av vannets hårrørskraft. Da vannet utvider seg når det fryser til is, blir snedekket meget fast og tett når temperaturen synker.

Når pakkingen foregår i eldre sne med grovere snekorn, vil også kontaktflaten mellom snekornene fylles med vann. Da mellomrommet mellom snekornene er større, spiller hårrørkraften mindre rolle for holdfastheten umiddelbart etter pakkingen (sammenlign fuktig men ikke vannmettet leire og sand). Ved synkende snetemperatur fryser snekornene fast til hverandre, og veidekket oppnår stor bæreevne.

Når pakkingen utføres i kaldere sne, spiller smelting og frysing liten eller ingen rolle for herdningen av veidekket. Årsaken til at veidekket blir fastere må forklares ved sneens sublimasjonsmetamorfose. Ifølge de tidligere refererte undersøkelser av WALL (1947) kan der forekomme en vannhinne rundt snekrystallene ved noen få kuldegrader. Dette kan bidra til å øke sammenfrysingen når krystallene presses inntil hverandre under pakkingen, men ved lavere snetemperaturer har dette ingen betydning.

Av figurene 46—55 fremgår at temperaturen i det snepakkete dekke følger lufttemperaturen bedre enn i den uberørte sne. Dette skyldes at luften i den uberørte snes store porevolum virker isolerende. Når lufttemperaturen svinger mellom rimelig kulde om dagen og sterk kulde om natten, vil temperaturen i det midtre og øverste snepakkete dekke følge etter med en liten etterslepning. Som nevnt i kapittel 311.1 vil temperatursvingninger fremkalle sublimasjon mellom poreluften og snekornene. Ved synkende temperatur vandrer vannmolekyler fra poreluft til krystallene, og ved stigende temperatur kan den motsatte prosess inntreffe. Da vannmolekylene sitter sterkest festet til fordypninger eller sprekker mellom snekornene, vil vannmolekylene i første rekke forlate de avrundete snekornoverflater når temperaturen stiger og avsetter seg i sprekken mellom dem ved temperaturfall.



Fig. 56. Uslåddet traktorvei. Hjultraktor med tvillinghjul. Elverum 1952.

Unlevelled snow-road. Farm-tractor with twin-wheels. Elverum 1952.

Om dagen er temperaturen vanligvis stigende. Dette kan medføre en sublimasjon fra snekorn til poreluft og forbindelsen mellom snekornene blir svakere. Sammen med den mekaniske påkjenning av transporten forskyver snekornene seg dels plastisk (BOWDEN 1940) og dels ved at forbindelsen mellom dem brytes så de legger seg tettere inntil hverandre. Når temperaturen synker igjen utover natten, kitter snekornene seg sammen på grunn av vannmolekylenes vandring fra poreluft til snekornene og deres forbindelsesteder. Denne samvirkning mellom transportbelastning om dagen og sammenfrysing om natten gjør at veidekket etter hvert blir fastere. Prosessen går raskere jo større forskjell det er mellom dag- og natt-temperaturene.

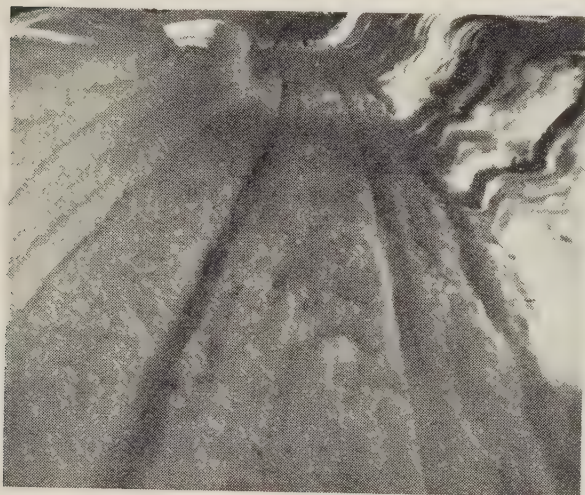


Fig. 57. Hestevei før slådding. Løvås 1950.
Horse-road before levelling. Løvås 1950.

Da snedekkets temperatursvingninger fremskynder snekornenes omdannelse og sammenfrysing, er det viktig å bearbeide det pakkeete snedekke så det best mulig følger svingningene i lufttemperaturen. Etter pakkingen er veidekket oftest ujevnt og består av hjulspor eller meiespor med mellomliggende løsere snepartier (fig. 56 og 57). Her er porevolumet stort og virker isolerende mot temperaturpåvirkning fra luften. Ved å bruke slådd på veien (fig. 58) jevnes veidekket, og ved gjentatt pakking og slådding blir hele veioverflaten tettpakket og mere mottagelig for luftens temperaturvariasjoner.

Vi har tidligere sett at stor temperaturgradient eller stor forskjell i snedekkets bunn- og overflatetemperatur kan føre til hurtigere omdannelse av sneen på grunn av konveksjonsstrømmer. Av fig. 46—55 sees at temperaturgradienten vanligvis er større i et pakket snedekke enn i uberørt sne. Da pakkingen medfører at snekornene faller tettere sammen og porevolumet blir redusert, har konveksjonsstrømmene vanskelig for å trenge oppover. Vi kan derfor ikke regne med at temperaturgradienten har direkte betydning for sneens omdannelse i et pakket veidekke. Av andre grunner fortsetter imidlertid omdannelsen, og så vel snekorn som mellomrommet mellom dem blir større. På grunn av den stadige belast-

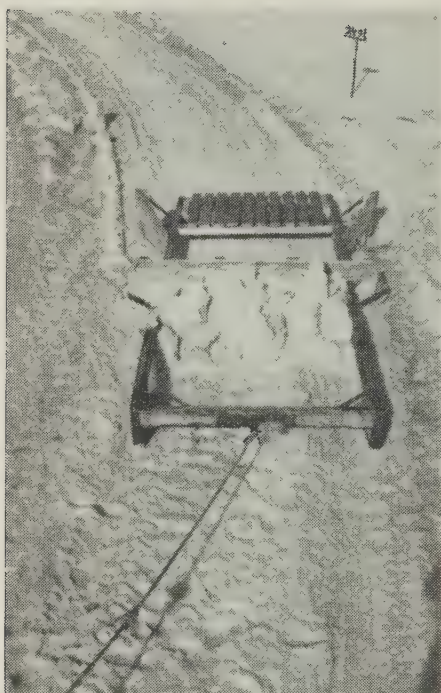


Fig. 58. Slådding av traktorvei. Sollihøgda 1953.

Levelling of snow on tractor-road. Sollihøgda 1953.

ning fra transporten faller som tidligere nevnt mellomrommene sammen.

Hvis derimot et snepakket veidekke blir liggende uten fornyet sammenpressing, f. eks. ved at transporten innstilles i en lengre periode, vil de økende snekornmellomrom muliggjøre konveksjonsstrømmer, og det dannes en løs sukkerformet sne med beger- eller prismekrystaller nærmest bakken. Denne utvikling fant sted i traktorveien ved Ormekollmyra, Sollihøgda 1953 (se fig. 47, sneprofilene for 17. og 25. mars).

Under pakking i sne der belter eller drivhjul stadig slurrer og under slådding av veien har veidekkets temperaturgradient indirekte stor betydning. Bearbeidingen fører til blanding av sne fra forskjellig høyde i snelaget. Man får blandet

varmere og kaldere sne og fremkaller en kunstig temperaturvariasjon i veidekket som øker sublimasjonsmetamorfosen. (TAYLOR 1953). Etter snefall får man samtidig blandet grovkornet og finkornet sne hvilket også er gunstig for sneens omdannelsesprosess. *Slådding av veien har derfor to oppgaver, dels å jevne kjørebanelen, og dels å øke veidekkets bæreevne ved å fremkalle betingelser som påskynder sammenfrysing av snekornene.* Slådding er et meget viktig ledd i vedlikeholdet av en snepakket vei.

Som tidligere nevnt blir forbindelsen mellom snekornene løsere utover dagen og fryser fastere sammen igjen utover natten. De beste resultater får man derfor om slåddingen utføres om ettermiddagen, gjerne etterat det siste tømmerlass er kjørt frem for dagen. I begynnelsen av sesongen bør man slådde ofte, helst hver

dag, for å oppnå et holdfast veidekke på kortest mulig tid. Man bør imidlertid ikke slådde mere enn en tur hver dag, for ikke å odelegge den blanding av snekorn og snetemperaturer som man fikk ved første gangs slådding. Har man ikke oppnådd jevnt veidekke etter en tur med slådden, er det bedre å utsette den videre utjevning til neste dag for å oppnå fordelene med den mellomliggende natts temperatursynkning.

Senere på vinteren når veibanen er blitt fast, kan slåddingen utføres sjeldnere. Særlig viktig er det at man slådder så snart eventuell nysne på veidekket er pakket sammen, og ellers så ofte som nødvendig for å opprettholde en jevn kjørebane.

Det vil fremgå av ovenstående at de beste betingelser for å oppnå fast veidekke på kort tid, gir sne med temperaturer i nærheten av 0°C, da man kan regne med en viss smeltemetamorfose. I meget kaldt vær med store temperatursvingninger i døgnet og stor temperaturgradient i veidekket, kan man også regne med å få brukbar kjørebane på forholdsvis kort tid på grunn av sublimasjons-metamorfosen.

De verste betingelser får man når lufttemperaturen varierer lite i løpet av døgnet, og når snedekkets temperaturgradient samtidig er liten. Ved pakkingen blir snekrystallene brutt i stykker, men da temperaturvariasjonene er små, går sneens omdannelse og sammenfrysing langsomt, særlig hvis det er kald sne. Det blir derfor dårlig forbindelse mellom snekornene, og sneen smuldrer seg opp ved den mekaniske påkjenning fra tømmertransporten. Under slike forhold bør man være forsiktig med å gi veien for stor påkjenning til å begynne med. For å utnytte den temperaturgradient som måtte eksistere, slådder man hver kveld så man får blandet snekorn av forskjellig temperatur og størrelse, og får nytte av den eventuelle nattekulde til sammenkitting av kornene. Om dagen kjører man forsiktig med små lass for å søke å presse sammen snedekket uten for meget sluring av hjulene og nedskjæring av doningengens meier. Vi forsøkte med hell å bruke flytemeier på doningene så de fikk bedre flyteevne. Det var 20 cm brede jernbeslåtte tresåler som ble festet på meienes underside. Man må fortsette med forsiktig transport og daglig slådding til været blir varmere eller kaldere. Lasstørrelsen økes suksessivt etter hvert som veidekket blir fastere. Det har ingen hensikt å true seg frem med for store lass og stadig sluring

av belter og drivhjul så lenge temperaturen holder seg stabil. Det fører bare til en løs og oppsmuldret veibane som gir liten friksjon under kjettinger eller belter og stor glidefriksjon under meiene.

Så snart man har fått pakket og jevnet til veidekket, er det meget viktig å presse ned nysneen etter hvert som den faller på veien. Selv et nysnelag på 5 cm virker sterkt isolerende (AGER 1955), og ødelegger den heldige virkning av luftens temperaturvariasjoner. Dette er særlig viktig i de nærmeste dager etter første snepakking, da et nysnelag kan ødelegge pakkingsresultatet om veien blir liggende uberørt i lengre tid. Så lenge transporten går normalt, pakkes nysneen uten videre. Men i dager før fridager må man påse at veien er fri for upakket sne, og kommer det snefall i en lengre stillstandsperiode, kan det være nødvendig å kjøre en tur langs veien med jevne mellomrom for å vedlikeholde pakkingen. Lengre nedbørsperioder kan skape så store snevanskeligheter at man reflekterer på å innstille transporten til uværet er over. I så fall må man regne med å pakke veien fra nytt av. Dette fører lett til så store snedybder at traktorene har vanskelig for å kjøre i sneen. Det beste er å holde transporten gående med små lass under hele uværperioden for å presse sammen nysneen etter hvert.

AGER (1955) har foreslått å benytte seg av værvarslings-tjenesten for å finne et hensiktsmessig tidspunkt for snepakking og slådding, og det henvises til hans utmerkete redegjørelse om spørsmålet. I løpet av vinterhalvåret passerer en rekke lavtrykks-sentra som bringer endringer i lufttemperatur og nedbør. Når lavtrykkets varmefront passerer, stiger lufttemperaturen (EVJEN 1938). Hvis snepakkingen foregår på dette tidspunkt, vil temperaturstigningen redusere fastheten i det pakkete snelag. Lavtrykkets snefall kan ytterligere redusere kvaliteten av den pakkete sne, samtidig som man må fortsette å pakke den nysne som faller.

Når lavtrykket har passert, bevirker kaldfronten en synkende temperatur samtidig som uværet opphører. Det beste tidspunkt er derfor å begynne snepakkingen ved kaldfrontens inntreden. Den synkende temperatur vil øke veidekkets fasthet, og man unngår store snefall som kan ødelegge pakkingsresultatet. Værvarslingen sammen med et studium av de værarter som offentliggjøres i avisene kan derfor gi gode anvisninger om når man bør begynne å pakke sneveien.

Etter hvert som sneen blir pakket sammen avtar pore-

volumet og volumvekten øker. I det øverste veilag blandes sneen, og omdannelsens-prosessen øker kornstørrelsen. På de snepakkete veier i Løten 1951, Ås 1952 (prøvebane), Sollihøgda 1953 og Ås 1954 (prøvebane) foretok vi daglige målinger av snekornenes størrelse ved hjelp av mikroskop. Det viste seg at snekornene vanligvis holdt en størrelse på 1,5—2,5 mm. På grunn av at slådden blandet det øverste snelag med de nedenforliggende ble denne kornstørrelse oppnådd forholdsvis raskt etter nysnefall også i den øverste del av det snepakkete dekke. Transporten gjør at snekornene legger seg godt inntil hverandre og kitter seg helt eller delvis sammen. Det pakkete veidekke består derfor av konglomoratliggende sneklomper med sterkt sammenkittete snekorn, og hvor fugene mellom snekornene er godt synbare i mikroskop. Veidekket oppnår meget snart en volumvekt av $0,4 \text{ kg/dm}^3$, og øker etter hvert til $0,5\text{—}0,6 \text{ kg/dm}^3$, hvor den holder seg mesteparten av vinteren (se fig. 46—55). Det snepakkete veidekke oppnår derfor egenskaper som har meget til felles med isbreenes firnsne. På de to traktorveier i Sollihøgda 1953 målte vi sneens bruddfasthet ved 20 mm nedsynkning av en $2,5 \text{ mm}^2$ proctornål. (Fig. 29 og 31). Det sees at bruddfastheten øker utover vinteren, idet den varierer med sneens utviklingsgrad og snetemperaturen. Bruddfastheten er større i sporene enn midt i veibanen. Dette er særlig tilfelle når det er liten transport (traktorvei II fig. 47). Hvor transporten er meget stor (traktorvei I fig. 46) blir bruddfastheten etter hvert like stor midt i veibanen som i sporene. Da det her er tale om en bunnpakket snevei, blir bruddfastheten i sporene etter hvert større ved bakken enn i overflaten. Ved meget liten transport (traktorvei II, fig. 47) er imidlertid bruddfastheten størst nærmest overflaten.

Vi undersøkte også bruddfasthetens variasjon med snevolumvekt og snetemperatur når snekornene var 1,5—2,5 mm store. Dette ble målt ved 50 mm nedsynkning av en $2,5 \text{ mm}^2$ proctornål. Det viste seg at bruddfastheten varierer med snetemperatur og volumvekt etter formelen:

$$bk = + 2,40 \cdot t \div 10,91 \cdot q \cdot t + 7,8 \quad (1)$$

Sammenhengen er ganske god, med en korrelasjonskoeffisient på $R = 0,7704$, men materialets spredning omkring funksjonen er forholdsvis stor (se fig. I og tabell XIV). En av spredningsårsakene

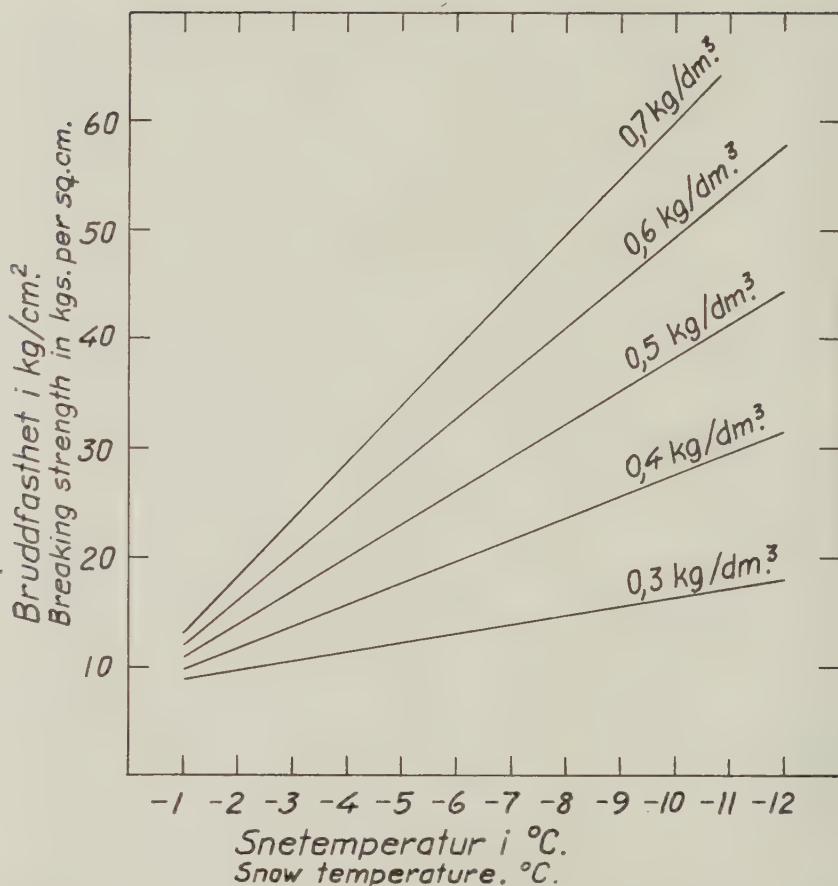


Fig. 59. Bruddfasthetens variasjon med snetemperatur og snevolumvekt i et snepakket veidekke. Bruddfastheten er målt ved å trykke en flate på 2,5 mm² 50 mm ned i veidekket.

The variation of the breaking strength with the snowtemperature and the density of compact snow. The breaking strength is measured by pressing an area of 2,5 sq. mm 50 mm into the compact snow.

er antagelig at vi ikke har tatt hensyn til temperatursvingningene, men bare temperaturen i det øyeblikk målingen fant sted. Dessuten er selve målingen vanskelig å gjennomføre, så det forekommer en del tilfeldige målefeil. I fig. 59 er vist en grafisk fremstilling av bruddfasthetens variasjon med snetemperatur og snevolumvekt. I denne forbindelse kan nevnes at man har målt stålisens bruddstyrke til 21 kg/cm² ved $-2,2^{\circ}\text{C}$ og 126 kg/cm² ved $-11,7^{\circ}\text{C}$ når målingene utføres parallelt med krystallveggen. (PERSSON 1948).

Da resultatene etter måling med proctornål er avhengig av belastningsflatens størrelse (se side 372), gir fig. 46, 47 og 59 litt for høye bruddbelastningsverdier. Våre målinger er utført med 2,5 mm² belastningsflate og kan derfor innbyrdes sammenlignes. De oppgitte bruddbelastninger må imidlertid bare betraktes som relative tall.

311.23. Forskjellige typer snepakket vei.

Det snepakkete veidekke har forskjellige egenskaper alt etter snedybden og sneens tilstand ved pakkingens begynnelse, samt transportens størrelse og varighet. Jeg har valt å skille mellom to prinsipielt forskjellige typer snepakkete veier, nemlig:

a. *Den bunnpakkete snevei.*

b. *Den sålepakkete snevei.*

I den bunnpakkete snevei har pakkingen påvirket sneen i utpreget grad helt ned til bakken. Den sålepakkete snevei består av en såle med pakket sne, mens den underliggende sne er forholdsvis løs og lite sammenpakket.

I sin mest utpregete form er de to veityper vesensforskjellige. Det gis imidlertid mange mellomformer, og på grunn av utviklingen i snedekket kan den ene type gå over i den annen. Etter første gangs pakking i dyp, våt nysne kan veien bære preg av å være sålepakket. Belastningen fra tømmertransporten og sneens omdannelsesprosess fører vanligvis til en bunnpakket snevei. På den annen side kan en bunnpakket snevei bli sålepakket på grunn av rennsnedannelse i nærheten av bakken når transporten innstilles i en lengre periode.

a. *Den bunnpakkete snevei.*

Her er sneen tettpakket helt ned til bakken, og bruddfastheten er oftest like stor eller større jo lengre ned i veilaget man kommer. Dette gir et solid og bæredyktig veilegeme med stor motstanddyktighet mot kortvarige belastninger fra et passerende tømmerlass.

Langvarige belastninger, f. eks. den stadige tømmertransport i løpet av vinteren gir derimot veidekket varige deformasjoner. Vi har tidligere sett at deformasjonen delvis fører til sammentrykking av sneen så snevolumet avtar som et ledd i økningen av snedekkets pakkingsgrad. Deformasjonen fører imidlertid også til endring av snedekkets form uten at snevolumet endres. HAEFELI (1939) har vist at det er en tilnærmet proporsjonalitet mellom belastning og

deformasjon av snedekket. Sneen har derfor visse analogier med en seigtflytende veske. De plastiske deformasjoner skyldes dels at snekornene forskyver seg i forhold til hverandre og dels at de endrer fasong. Ifølge BUCHER (1948) øker seigheten i snedekket når kornstørrelsen øker, når volumvekten øker og når snetemperaturen synker. De plastiske deformasjoner er derfor størst i tiden etter første gangs pakking på grunn av små snekorn og forholdsvis lav snevolumvekt. Det samme er tilfelle på ettervinteren på grunn av høy temperatur i snedekket. I lengre perioder midtvinters da snedekket har høy volumvekt, forholdsvis store snekorn og lav temperatur er derimot deformasjonene små.

Deformasjonene fører til at det pakkete snedekke etter hvert avtar i tykkelse, idet det presses til sidene og blir bredere (se fig. 46, 49, 54 og 55).

Reduksjonen av veidekketykkelsen kompenseres delvis av den nysne som legger seg på veien og blir pakket sammen under transporten. Veidekkets tykkelse holder seg derfor noenlunde konstant, idet det vanligvis øker en del i første halvdel av vinteren og avtar mot våren. Vi forsøkte å finne sammenhengen mellom veidekketykkelsen, snevolumvekt og mengden av snefall. Det lykkedes imidlertid ikke å finne noen signifikant sammenheng, særlig fordi de nevnte plastiske deformasjoner var vanskelig å måle. Tilførsel av fokksne, fordampning fra snedekket til luften, samt avgivelse av smeltevann til underliggende frostfri grunn er også forhold som gjør slike målinger lite oversiktlige. Av figurene 46, 47, 49, 50, 51, 52, 54 og 55 ser en imidlertid at et bunnpakket snedekke største delen av vinteren holder seg på en tykkelse av 40—60 cm når dybden av den uberørte sne er 70—120 cm. I snefattige vintre blir dekket tynnere. På traktorveien i Løvås 1952 var veidekkets tykkelse 25—30 cm og dybden av den uberørte sne 50—60 cm.

I det bunnpakkete snedekke er porevolumet lite helt ned til bakken. Det er derfor ikke så varme-isolerende som uberørt sne. Hvis sneen ligger på telefri grunn, vil det avgis mer varme fra bakken under det pakkete snedekke enn under uberørt sne. Sneprofilene viser at det dannet seg et telelag under veien, mens telen utenfor veibanen avtok raskt i tykkelse. Telagets tykkelse øket i løpet av vinteren så lenge det var kaldt vær. Den bunnpakkete snevei gir derfor en solid kjørebane, selv om den hviler på bløt og opprinnelig telefri myr.



Fig. 60. Sålepakket traktorvei på 2 m dyp sne. Jysereid 1951.
Surface-packed road. Snow depth = 2 metres. Jysereid 1951.

b. *Den sålepakkete snevei.*

Denne veitype kan man få når snepakkingen utføres sent på vinteren i høy sne. Da er sneens fysikalske omdannelse i det uberørte snelag nådd så langt at det består av grove korn som har falt tettere sammen på grunn av snelagets vekt. Ofte er sammenhengen mellom snekornene dårlig, og en del av dem er gått over til rennsne. Slik sne virker nærmest som friksjonsjord, hvor bæreevnen er avhengig av den indre friksjon i materialet. Jo høyere den indre friksjon er, dess bedre er materialets bæreevne. Grus har f. eks. en indre friksjonskoeffisient på omkring 1000 ‰, og for rennsne ved $\div 4^{\circ}\text{C}$ er den målt til ca. 700 ‰ (ERIKSSON 1954).

Når pakkingen begynner i slik sne, vil det øverste snelag bli sammenpresset til en såle som i første rekke bæres oppe på grunn av den indre friksjon i det underliggende snelag. Ved fortsatt belastning av veien gjennom transporten øker den pakkete såle i

tykkelse, og kan nå ned til bakken, slik at vi får en bunnpakket vei. I meget dyp sne vil veien imidlertid holde seg sålepakket i lang tid. Traktorveien i Jysereid, 1951 (fig. 48 og 60) ble pakket i ca. 190 cm dyp grovkornet sne. Her holdt veien seg sålepakket så lenge transporten varte. Omtrent midt i snelaget var det et værslag som sikkert var medvirkende årsak til at sålepakkingen holdt seg lenge, fordi det hjalp til å fordele trykket fra belastningen over et større areal så den indre friksjon i den underliggende sne var tilstrekkelig til å bære den pakkete såle under transporten.

Som tidligere nevnt (side 432) kan det nederste snelag i et bunnpakket veidekke løsne opp og gå over til rennsne hvis transporten innstilles i en lengre periode. Vi får altså et pakket veidekke oppå et lag av løs sne med dårlig kornsammenheng. Resultatet blir en veitype med lignende egenskaper som en sålepakket snevei. Fig. 47 viser et eksempel på en slik veitype. Hvis transporten fortsetter før vårløsningen gjør seg merkbart gjeldende, vil den gå over til en bunnpakket vei igjen. Fig. 51 viser en slik tendens.

I kalde perioder gir den pakkete snesåle et bæredyktig underlag for transporten. Luften i det forholdsvis store porevolum gjør imidlertid den løse sne under snesålen sterkt isolerende, og det blir liten avgivelse av varme fra bakken. Det blir ingen teledannelse av betydning så lenge veien holder seg sålepakket. Veibanen er derfor lite motstandsdyktig mot mildværsperioder. Da bryter ofte snesålene sammen, idet de slår sprekker og det dannes dype hull i veilegemet når traktorens belter eller doningens meier synker i. Av den grunn bør man begynne transporten så tidlig at man kan oppnå en bunnpakket snevei og søke å holde bunnpakkingen ved like gjennom en kontinuerlig transport.

Den sålepakkete vei bør bare være en nødhjelp, f. eks. for å få frem et gjenliggende tømmerparti på ettervinteren. Har traktoren vanskelig for å ta seg frem under pakking i slik eldre og dyp sne, kan man hjelpe seg med å spre hogstavfall (kvist og topp) eller småtrær langs etter veien før pakkingen begynner. Det vil hjelpe til å bære traktoren oppe. I kalde perioder kan man få kjørt frem ganske bra lass på en slik vei. I Jysereid 1951 (fig. 48) kjørte vi lass på inntil 7,7 m³ ferskt tømmer. Transporten ble utført med Fergusontraktor med snebelter og traktorski og geitdoning med flytemeier.

Hvis solbestrålingen løser opp den pakkete såle, kan man benytte seg av nattekulden. Ved å henlegge transporttiden til den siste del av natten og utover formiddagen, unngår man å kjøre på den oppbløtte veibane.

311.24. Vedlikehold av en bunnpakket snevei.

Første gangs snepakking etterlater seg som oftest en ujevn kjørebane. Den dårligste veibane får man når pakkingen utføres med en hjultraktor, f. eks. en firehjulsdrevet traktor med tvillinghjul. Hjulene følger terrengujevnhetene under den løse sne og etterlater seg en humpete vei. Beltene flyter jevnere over terrengujevnhetene og forskyver den løse sne fra forhøyninger til groper i veibanen. Resultatet blir en penere kjørebane, men også i dette tilfelle er veibanen vanligvis uregelmessig etter pakkingen. Som tidligere nevnt er sneslådden et bra redskap til å jevne den pakkete sneoverflate.

Under kjøring på den jevne veibane vil transporten slite på overflaten, så den etter hvert blir ujevn og hullet. Man får staupdannelse i veien. Vi foretok en del målinger av staupdannelsen, men materialet er ikke tilstrekkelig til å gi en full redegjørelse for problemet. Det viste seg imidlertid at staupene består av mer eller mindre regelmessige bølger, hvis bølgelengde er større for traktorlass enn for hestelass. Dette tyder på at staupdannelsen egentlig skyldes et svingningsfenomen og har visse likhetspunkter med rifledannelsen (dannelsen av vaskebrett) etter biltransport på grusvei.

BRUDAL (1931) foretok en del undersøkelser over rifledannelsen. Han fant at når en bil passerer hurtig over en hullet veibane, var det bare hjulene som beveget seg opp og ned mellom karosseri og veibane på grunn av avfjæring i gummihjul og fjærer. DANA (1930), OFTEDAL (1937) m. fl. har vist at rifledannelsen skyldes rytmiske svingninger i bilens hjul og aksler. Da svingetiden øker med den svingende masse, vil bølgelengden eller avstanden mellom riflenes topper øke med økende masse og økende hastighet. Grusveiriflenes bølgelengde varierer vanligvis fra 50—75 cm. Sneveienes staup har større bølgelengde til tross for at hestens eller traktorens hastighet er mindre enn bilhastigheten. Vi målte bølgelengder på 320—400 cm etter hestelass. Dette skyldes at et tømmerlass representerer en vesentlig større svingende masse enn bilens hjul og

aksler. Da så vel den svingende masse som hastigheten er større under traktortransport enn under hestetransport, er bølgene lengre i traktorstaup enn hestestaup.

For hestetransportens vedkommende kan svingningsfenomenet iakttas når draget er festet til doningen med slengedrått (løs kjettingforbindelse). Kjører doningen over en ujevnhet, vil hesten rykke frem lasset. Lassets hastighet øker og puffer til draget på grunn av sin bevegelsesenergi så det skubber i sneveien. Hesten rykker løs draget på nytt, og fenomenet gjentar seg. Med slengedrått er man særlig utsatt for staupdannelse. Er draget fast festet til doningens bukk blir staupdannelsen mindre (KÅSA 1952).

For traktortransportens vedkommende kan svingningsfenomenet iakttas ved å betrakte klaringen mellom trekkbommens øye og traktorkroken. Det er særlig lett å se forholdet hvis doningen er utstyrt med påløpsbrems. Når lasset kjører over en ujevnhet, vil det trekkes frem så det får litt større hastighet enn traktoren. På grunn av bevegelsesenergien vil det puffe til trekkroken, men da denne har en viss fjærende virkning på grunn av traktorens gummihjul m. v., vil reaksjonskraften retardere lasset så det får lavere hastighet. Øyeblikket etter trekkes lasset frem igjen av traktoren, og fenomenet gjentar seg, dog svakere enn forrige gang. Trekk og trykk-kreftene kan være så kraftige at doningens påløpsbrems skrubber i snedekket når doningen puffer til traktoren. Vanligvis er kreftene mindre og volder bare små sluringer under hjul eller belter, som på løs vei kan lage sår i veibanen. Neste gang lasset passerer blir virkningen større, fordi traktor og lass svinger harmonisk med svingningene fra forrige tur.

En kraftig aksellerasjon av traktoren kan fremkalle et lignende fenomen. Dette kunne vi iaktta under kjøring på islagt vann, der det ikke var noen merkbare ujevnheter i veibanen. Da det var strekkmåler innlagt mellom doning og traktor, kunne vi iaktta hvorledes avlesningsnålen svinget rytmisk mellom større og mindre trekkrefter eller mellom trekk og trykk etter en aksellerasjon av traktoren. Da hastigheten varierer langs etter veien, vil staupenes bølgelengde være forskjellig på de forskjellige deler av veien. På en og samme strekning er hastigheten og dermed bølgelengden noenlunde konstant i store deler av vinteren.

Kraftige aksellerasjoner og avbremsinger ødelegger bildet av helt regelmessige staup. På en traktorvei er det ofte vanskelig å

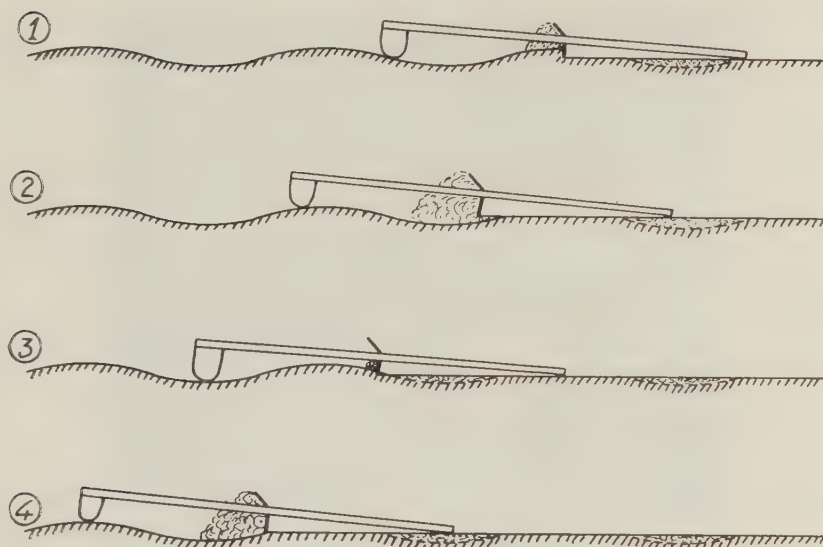


Fig. 61.

avgjøre hva som er ordinære staup og hva som er slurespor, f. eks. på grunn av sluring under løsrykking av et fastfrosset lass.

DANA (1929) viste at rifledannelsen motvirkes av stor anleggsflate under hjulene. Ballonggummi lager ikke så kraftige rifler som høytrykksgummi. På samme måte motvirker beltene staupdannelsen fordi de flyter bedre over ujevnheter i veibanen. Vi kunne også iaktta at halvbeltetraktorene holdt veibanen jevnere enn hjultraktorene.

Slåddens utjevnnende virkning på veibanen skyldes at den høvler sneen av forhøyningene, fører den med seg og fyller det i fordypningene (fig. 61). Foran og bak hviler slådden mot underlaget, og midt på er det montert en høvel eller skrape som skjærer ned i snelaget til den dybde som anleggspunktene foran og bak bestemmer. For å arbeide best mulig i staup, bør slådden være like lang eller lenger enn staupens bølgelengde. Vi fant at 4,5 meter er en hensiktsmessig lengde for hesteslådd og 5,0 meter for traktorslådd. (Se fig. 9 og 11). Den sne som fylles i veiens fordypninger, gir et løsere underlag enn der hvor slådden har skåret av veiens forhøyninger. Ved sammenpressing etter slådding av en vei med store staup, får veibanen fremdeles et bølget lengdeprofil, som har lett for å fremme ny staupdannelse. Har man ventet for lenge med



*Fig. 62. Slådding av hestevei. Løvås 1950.
Levelling of snow on horse-road. Løvås 1950.*



*Fig. 63. Slådding av traktorvei. Løten 1951.
Levelling of snow on tractor-road. Løten 1951.*



Fig. 64. Snepakket traktorvei, Sørmyr 1952.
Compact snow-road for tractors, Sørmyr 1952.

å slådde, så staup og andre veiujevnheter er blitt meget store, må man slådde og kjøre til veien flere ganger før den blir helt jevn.

Slåddingen bør derfor være et forebyggende vedlikeholdsmiddel, idet man slådder veien før den er blitt for ujevn og fortsetter slåddingen med tette mellomrom. I begynnelsen av sesongen, eller like etter hvert nytt snefall bør man slådde hver kveld. Senere er det vanligvis tilstrekkelig med et par kvelder i uken. (Fig. 62, 63, 64 og 65).

Under slåddingen bør man planlegge arbeidet slik at man mest mulig slådder i utforbakke. Etter kraftige snefall er det tungt å slådde, og traktoren har nok med dette arbeid alene. Den vanlige vedlikeholdsslådding av fast vei kan imidlertid utføres ved at slådden lesses på doningen og kjøres opp til lunneplassen. Der henges den etter det siste tømmerlass som går ned før kvelden. Er det brattere motbakker i transportretningen kan imidlertid dette ikke gjøres.

Da slådden kutter ned toppene i snebanen og fyller opp i fordyp-



*Fig. 65. Snepakket traktorvei. Sollihøgda 1953.
Compact snow-road for tractors. Sollihøgda 1953.*

ningene, vil sneen etter hvert forflyttes fra toppen mot bunnen av små bakker og kneiker. Slike steder vil den snepakkete veibane etter hvert bli flattere enn terrenget. (Se fig. 18).

Vi har tidligere sett at bruddfastheten er meget høy i et snepakket veidekke med lav temperatur. Det tåler derfor hjultrafikk i den kaldeste vinterperiode, selv om hjulenes spesifikke trykk mot bakken er vesentlig større enn under beltene. I mildværsperioder løser den snepakkete vei seg opp i overflaten, og hjulkjøretøyer vil slure eller skjære seg ned i veibanen, så denne blir ødelagt. Det samme er tilfelle når det kommer store snefall av kram sne på veibanen. I slike perioder måtte vi innstille kjøring med hjultraktor (uten halvbelter) på de snepakkete veier, dels fordi de ødela veibanen og dels fordi de ikke greidde å ta seg frem. I strøk med kaldt stabilt vinterklima kan man derfor regne med å bruke hjulkjøretøy (hjultraktor eller lastebil) på en snepakket vei. Det vil i tilfelle være hensiktsmessig å vedlikeholde veien med en snegående traktor og slådding. I strøk med vekslende vinterklima kan imidlertid kjøring med hjulkjøretøy ikke anbefales på slike veier.

311.25. Sneveiens sammenbrudd.

Når det varme vær setter inn senvinters, begynner nedbrytingen av det snepakkete veidekke for alvor. Solbestrålingen og varme vinder tærer på sneen, snetemperaturen øker til 0°C , og smeltingen setter inn for fullt.

I den bunnpakquete snevei begynner smeltingen først i sammenfrysningfugene mellom snekornene. Da smeltevannet har mindre volum enn isen, vil transportbelastningen trykke sammen snedekket etter hvert som smeltingen går frem, og veidekket avtar i tykkelse. Smeltevannet renner nedover mot den frosne bakke, fyller opp i snekornenes mellomrom og fryser seg sammen med disse, slik at isen nærmest telelaget øker i tykkelse. Dette skyldes at det skal en varmemengde på 79,8 cal for å smelte et gram is til vann. Sneen nærmest bakken og telelaget har enda opptatt så liten varmemengde at de så å si danner et kuldemagasin som smeltevannet avgir sin varmemengde til under frysingen. Ved den tilførte varme minker telelaget, hvilket fremgår av sneprofilene i fig. 46, 47 og 49. Det overflødige smeltevann renner bort i den telefri undergrunn.

Jo høyere lufttemperaturen er over veidekket dess større er fordampningen fra smeltevannet. Porøs uberørt sne minker sterkt på den måten. Det tettpakkete snelag i veien hindrer derimot avdunstningen. Dette forhold gjør at den snepakkete vei danner et kuldemagasin og gjør veien holdbar i vårperioden. Det viste seg f. eks. at transporten kunne holdes i gang 2—3 uker lenger på traktorveien i Løten 1951 enn på de omkringliggende nedbrøytete veier.

Like før sammenbrudd er veibanens overflate løs om dagen på grunn av smelting og mekanisk påkjenning fra transporten. Ofte er det nattefrost i de sene vinterdager, og veien fryser seg fast igjen i løpet av natten. Mens formiddagen gir en relativt fast kjørebane, er den derfor løs og dårlig om ettermiddagen. Fig. 66 og 67 viser et eksempel på dette, fra traktorvei I, Sollihøgda 1953. Målingen er utført på samme sted som sneprofilet 24. mars (Fig. 46).

Snedekket bryter først sammen der hvor veien blir utsatt for direkte solbestråling, f. eks. i sydvendte bakker eller over åpne myrpartier. På sen-vinteren er oftest veien overstrødd med mørke partikler fra transporten, eksosgassene og den omkringliggende skog. Partiklene har stor absorpsjonsevne for solens varmestraler, hvilket bidrar til å øke smeltingen. Det samme er tilfelle hvis veien ligger i en sideskjæring hvor solen får godt tak. Man kan bedre forholdet ved å måke hvit sne oppå veilegemet og på sideskjæringen, hvorved

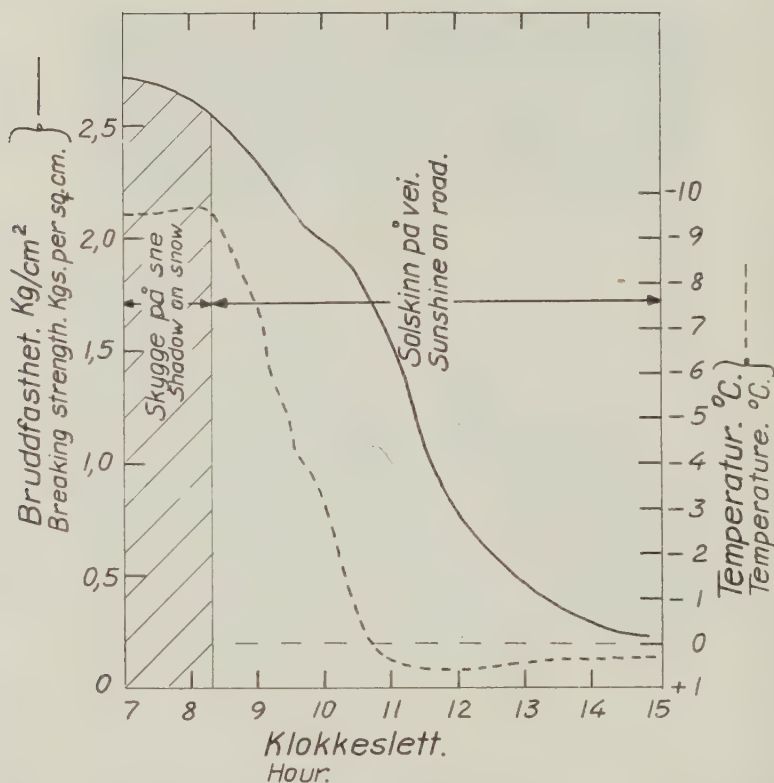


Fig. 66. Bruddfasthet (ved 2 cm nedsynkning av 2,5 mm² proctor-nål) og snetemperatur i upakket sne utenfor veibanen. Variasjon i løpet av dagen 24. mars 1953. Svartvatn, Sollihøgda.

Breaking strength and snow temperature in unpacked snow outside the road (depth of 2,5 sq. mm proctor needle 2 cm). Variation during the day, March 24th, 1953. Svartvatn, Sollihøgda.

absorbsjonen av solstrålene blir mindre. I en sydvendt bakke på Sollihøgda 1953 holdt veidekket på å bryte sammen 3—4 uker før det var tale om å innstille transporten på den øvrige del av veien. Her måtte vi måke sne på veilegemet for å holde transporten gående. Disse vanskeligheter kunne i dette tilfelle vært unngått ved å velge en annen linjeføring av veien, så den ville blitt liggende i en skyggeside.

Over åpne strekninger er det snepakkete veidekke særlig utsatt hvis veien går i øst-vestlig retning. På veiens sydside vil den uberørte sne langs veikanten isolere mot solvarmen, mens veiens

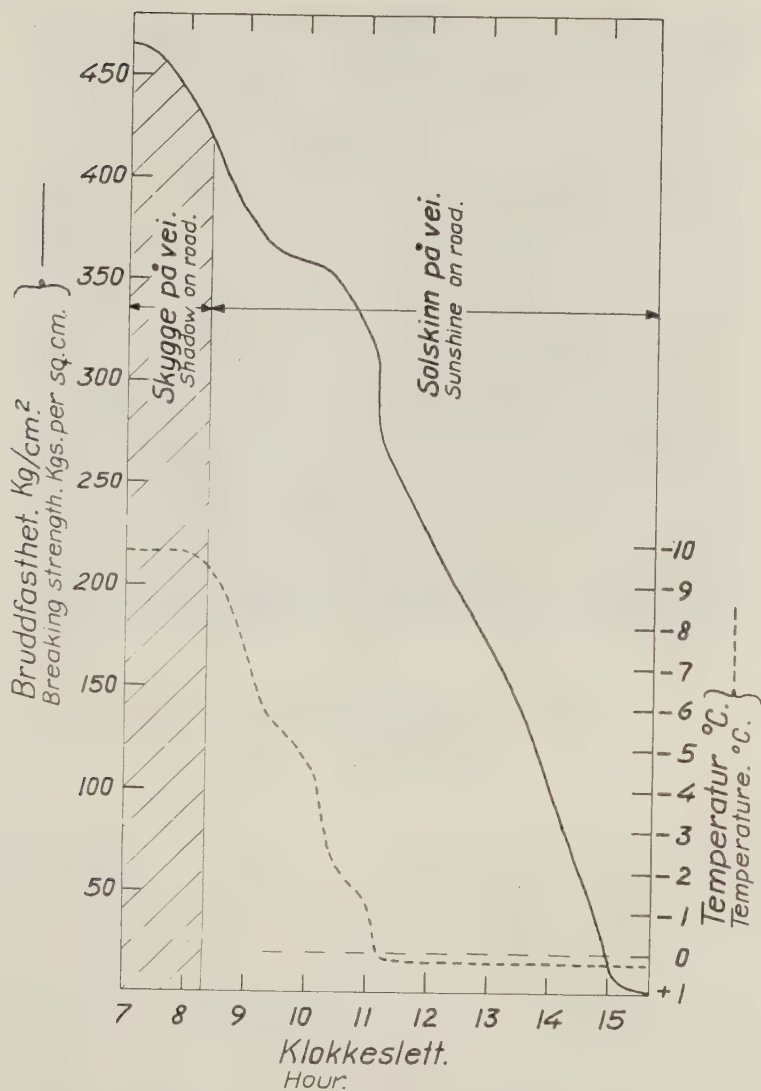


Fig. 67. Bruddfasthet (ved 2 cm nedsynkning av 2,5 mm² proctor-nål) og snetemperatur i snepakket veidekke. Variasjon i løpet av dagen 24. mars 1953. Svartvatn, Sollihøgda.

Breaking strength and snow temperature in compact snow-road (depth of 2,5 sq. mm proctor needle 2 cm). Variation during the day, March 24th, 1953. Svartvatn, Sollihøgda.



Fig. 68. Den bunnpakete snevei bryter sammen. Horizontal myrstrekning. Sollihøgda, 24. mars 1953.

The breakdown of compact snow-road on horizontal boggy land. Sollihøgda, 24th March 1953.

nordside ligger ubeskyttet. Her tæres først sneen, og veien avtar i bredde ved at nordsiden svinner inn. Er det behov for å holde transporten gående lengst mulig om våren, bør man derfor pakke veien i dobbelt bredde på slike steder.

Etter hvert som solvarmen smelter sneen, begynner veilegemet å helle nordover, og til slutt blir skråningen så bratt at traktor og doning sklir sidelengs ut av veibanen. På veiens nordside danner det seg et lag av oppsmuldret, grovkornet og våt sne, som doningens meier lett skjærer igjennom. (Se fig. 46, 49, 52 og 68). Da telelaget også svinner først inn på denne side av veien, setter doningen seg ofte fast, så traktoren ikke greier å trekke den løs fordi den slurer i den oppsmuldrete sne.

I skogen blir veien liggende i delvis skygge mesteparten av dagen. Her varer den derfor lenger enn over åpne strekninger. Ligger veien inntil en skrå lside, vil det bunnpakete snedekke demme opp for smeltevannet. Dette begynner å tære på veidekket,

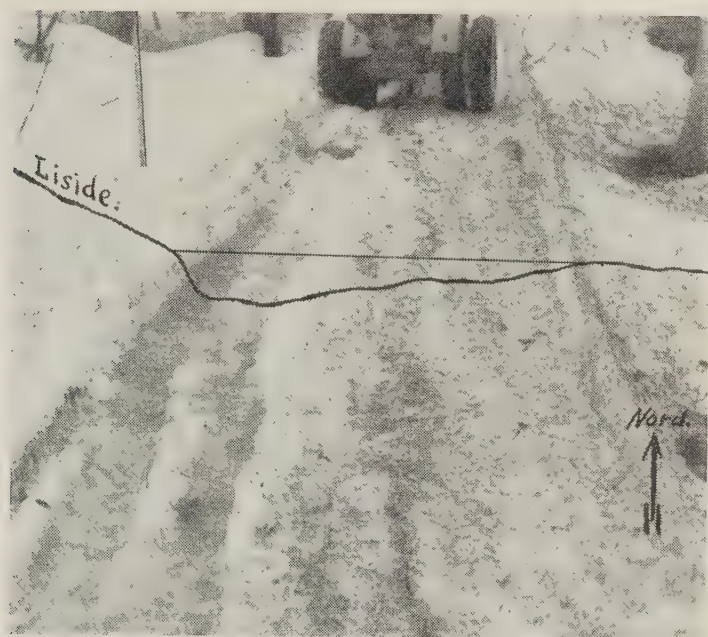


Fig. 69. Den bunnpakkete snevei bryter sammen i sideskråning.
Sollihøgda, 24. mars 1953.

*The breakdown of compact snow-road on hillside. Sollihøgda, 24th
March 1953.*

så det brytes ned i innerkant. Etterhvert begynner derfor veien å helle innover mot lisiden, og meier eller hjul har lett for å bryte igjennom den oppløste sne. (Fig. 69). Har veien stigning eller fall, vil hjul- eller meiesporene danne avløp for det oppdemmete smeltevann, så det fosser nedover veien og bidrar til nedbrytningen. På det tidspunkt da snedekket bryter sammen, særlig over åpne partier og i bakker langs sideskjæringer, har den bunnpakkete snevei fullendt sin oppgave, og transporten må innstilles for sesongen.

Jeg har tidligere nevnt at den sålepakkete snevei er lite motstandsdyktig mot mildvær. Under den pakkete såle er sneen porøs, og som oftest er telaget i bakken lite utviklet. Når varmen setter inn mot våren og snelagets smelting tar til, vil sneen under den pakkete såle løse seg opp fordi smeltevannet renner ned gjennom snelagene og forsvinner i bakken. Luften i det store porevolum virker også isolerende, så det blir ingen sammenfrysing av betydning ved eventuell nattefrost.

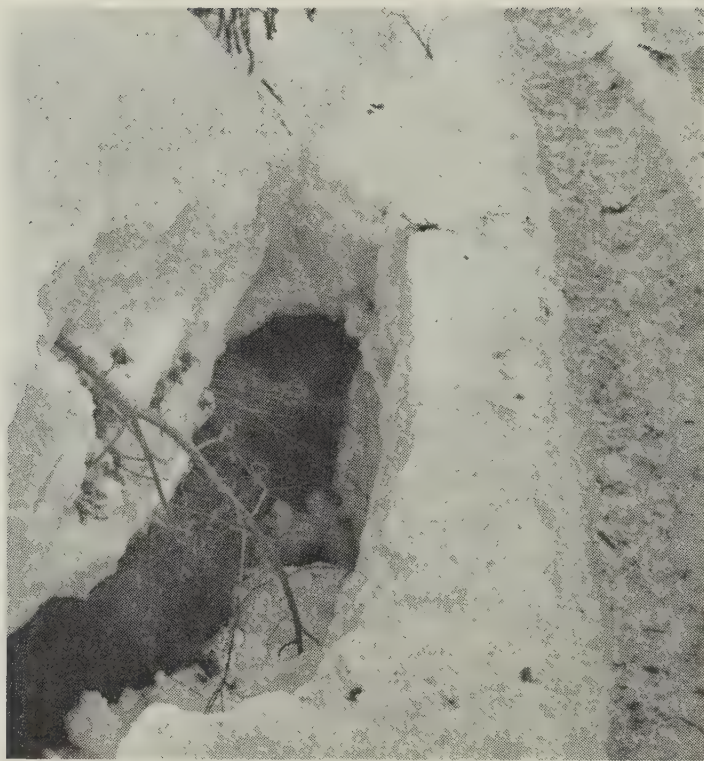


Fig. 70. Den sålepakkete snevei bryter sammen. Jysereid, 27. april 1951.

The breakdown of surface-packed snow-road. Jysereid, 27th April 1951.

I sidehellinger danner det seg ofte tilsig langs bakken på grunn av snesmelting utenfor veien. Dette trenger lett inn i den porøse sne under veisålen og bidrar til nedbrytingen. Under den pakkete snesåle blir derfor sneen løs og siger etter hvert sammen. Da sammensigingen varierer langs veien på grunn av lokale tilsigsstrømmer av smeltevann, danner det seg ofte større eller mindre skjulte hulrom i snedekket, fordi sneens sammenheng i veisålen søker å holde denne oppe. (Fig. 70). Når smeltingen har tatt til, går oppløsningen av veien nedenfra ofte på noen få dager.

Solstrålingen løser samtidig opp den pakkete snesåle, så bæreevnen avtar. Disse forhold gjør at veiens sammenbrudd ofte kommer momentant. Veibanen ser pen og fast ut, inntil veisålen plutselig



Fig. 71. Sålepakket snevei. Jysereid 1951.
Surface-packed snow-road. Jysereid 1951.

knekker, så traktor eller lass setter seg dypt fast i sneen. (Fig. 71). På denne måte stoppet transporten på traktorveiene i Drangedal 1951 (fig. 48) og Ormekollmyra, Sollihøgda 1953 (fig. 47).

312. Transportmidlet.

I det etterfølgende vil vi drøfte det annet av de to hovedledd som transportteknikken er avhengig av, nemlig transportmidlet. De faktorer vedrørende trekkraft (hest eller traktor) og tilhenger (doning) som er av vesentlig betydning for transportteknikken, vil bli diskutert. Vi skal derfor behandle faktorene meiefriksjon, rulle-motstand og friksjon mellom drivhjul og veibane hver for seg, for

etterpå å analysere dem samlet, slik at vi kan finne frem til effektene og virkningsgraden for de aktuelle transportmidler.

Friksjonene og rullemotstanden er angitt i promille av belastningen på hjul eller meier. Ved å multiplisere belastningen i tonn med de oppgitte koeffisienter fremkommer derfor trekraft, trekkmotstand eller trykkraft i kg. Denne del av undersøkelsen gjelder en ferdig pakket og jevn snebane, hvor snekornenes diameter er 1,5—2,5 mm, og snevolumvekten er 0,5 kg/dm³ og større.

312.1 *Friksjon mellom meier og snebane.*

I fysikken skiller man mellom tørr friksjon og væskefriksjon. Når to tørre flater glir mot hverandre, vil friksjonen hindre bevegelsen. Friksjonen skyldes dels en viss tiltrekningskraft mellom flatene, og dels små ujevnheter som griper inn i hverandre. Selv meget glattpolerte flater har molekytlære ujevnheter. Under bevegelsen bøyes ujevnhetene til side eller slipes av. Derfor er friksjonen større under start enn under bevegelse. Ved absolutt tørre flater er friksjonen uavhengig av flatenes størrelse og bevegelseshastigheten, men øker med belastningen.

Er mellomrommet mellom flatene oppfylt av væske, oppstår væskefriksjon som er noe mindre enn tørr friksjon.

Væskefriksjonen er avhengig av den indre friksjon eller viskositeten i væsken. Den er større jo større anleggsflaten er, jo tynnere væskeskiktet mellom flatene er og jo større hastigheten er. Dessuten øker væskefriksjonen med belastningen av den ene flate mot den annen.

312.11 *Meiefriksjon under bevegelse.*

Når stålmeiene beveger seg på det snepakkete veidekke, er bare en liten del av flaten i kontakt med snekornene. Dette skyldes at selv den jevneste sneoverflaten i mikroskopisk målestokk består av et uregelmessig snekorndekke. Under sin bevegelse hviler meiene på en del av snekorntoppene. BOWDEN (1940) har f. eks. vist, at for helt jevne stålflater er bare omkring 1/10000 av de totale anleggsflater i berøring med hverandre. Det spesifikke trykk mellom meiene og snekorntoppene blir lett så høyt at sneen smelter selv ved forholdsvis lave snetemperaturer. (Se side 391).

Det arbeid som oppstår på grunn av friksjonen under meienes bevegelse, fremkaller friksjonsvarme. Friksjonsvarmen bidrar også til smelting av snekornoverflaten. Vannet presses ut til siden etter hvert som det smelter og fryser når det utsettes for vanlig lufttrykk. Anleggsflatene blir samtidig større, så det spesifikke trykk og dermed smeltingen avtar. Meiene treffer også en del snekorn som knuses under belastningen, og vi får delvis tørr friksjon. Meienes friksjon mot sneen er derfor halvflytende, idet det delvis opptrer væskefriksjon og delvis tørr friksjon. Den vil ikke følge de kjente fysiske lover, men må søkes empirisk.

ERIKSSON (1949) utførte en del undersøkelser over meienes friksjon mot sneen på prøvebaner og i laboratorium. Han fant at materialet i meiene har stor betydning for friksjonen. Jo større materialets varmeopptagende og varmeledende evne er, dess større er varmeavgangen, så friksjonsvarmens smeltende virkning blir redusert. Dette skulle tyde på at tremateriale er bedre enn stålbelagte meier. Imidlertid er stål hardere enn tre, så det ikke gir så meget etter under det spesifikke trykk på snekornene. De stålbelagte meier er derfor å foretrekke på grunn av den store trykksmelting.

Eriksson viste at friksjonen er mindre for en grovfilt enn for en blankpolert flate. Den grovfilte flate gir nemlig færre anleggspunkter mellom snekorn og meier, så trykksmeltingen blir større.

Snekornstørrelsen har også betydning for friksjoner. Små snekorn gir flere anleggspunkter mellom meier og sne enn store korn. Derved blir det spesifikke trykk mindre, hvilket gir mindre smelting på grunn av trykket. Derfor er friksjonen større jo mindre sneens kornstørrelse er.

Denne undersøkelse refererer seg som nevnt til snedekke med snekorndiameter på 1,5—2,5 mm. Videre er det brukt meier belagt med vanlig meiestål, hvis undersides glatthet fremkom naturlig under transport på sneføre. Undersøkelsen omfatter 13397 målinger av friksjonskoeffisienter under praktiske kjøreforhold av tømmer på jevn snepakket traktorvei. Vi undersøkte belastningens, snetemperaturens og hastighetens innflytelse på friksjonskoeffisienten.

Det er sannsynlig at friksjonen endres endel med hastigheten (ERIKSSON 1949). På den ene side fører økende hastighet til

større friksjonsvarme og dermed større smelting, hvilket gir grunnlag for en minsking av friksjonskoeffisienten. På den annen side øker væskefriksjonen med stigende hastighet, hvilket fører til det motsatte resultat. Jo kaldere sneen er, dess mindre er trykksmeltingen, og man må opp i forholdsvis stor hastighet for å skaffe nok friksjonsvarme til væskefriksjonen. Man taler om tregt føre. Under slike forhold kan man vente at når hastigheten øker fra 0 og oppover, synker friksjonskoeffisienten inntil en viss hastighet, hvorefter den holder seg konstant, eller øker svakt igjen. Når snedekket er 0°C, og det er overflod av smeltevann til væskefriksjonen, kan man vente en svak økning av friksjonskoeffisienten med økende hastighet. Dette kalles ofte for sugeføre.

I denne undersøkelse er friksjonskoeffisienten målt ved hastigheter fra ca. 4 — ca. 18 km/time. Vi fant ingen sikker økning av friksjonskoeffisienten med hastigheten i dette område. Det må skyldes at den tendens til økning av friksjonskoeffisienten som muligens er til stede, er av uvesentlig betydning i forhold til de andre variasjonsårsaker.

Vi forsøkte også å finne utslag for veidekkets jevnhet, samt om det var løs sne oppå veidekket. Vi fant ingen sikker forskjell i veidekkeklassene, særlig fordi dekket ble holdt forholdsvis jevnt ved hjelp av sladding hele driftssesongen.

Det innsamlete materiale ble nummerisk utjevnet. På grunnlag av 6 forsøksutjevninger av en del av materialet, prøvde jeg to forskjellige funksjonstyper for hele materialet (se tabell XV) og kom frem til at friksjonskoeffisientens variasjon med snetemperatur og meienes spesifikke trykk mot snedekket kan beskrives med følgende funksjon:

$$fg = +4,08 \cdot t + 0,88 \cdot t^2 + 6,04 \cdot t \cdot b \div 159,5 \cdot b + 95,8 \cdot b^2 + 110 \quad (2)$$

Korrelasjonskoeffisienten (R) mellom de observerte og utjevnete friksjonskoeffisienter er $R = 0,7868$, og materialets spredning i forhold til den utjevnete funksjon er $S = 19,70 \%$. (Se også fig. II og III). Dette må ansees som et meget bra resultat i betraktning av at målingene er gjennomført under praktiske kjøreforhold, og ikke f. eks. på en kunstig opplagt prøvebane. Funksjonens område er for det spesifikke meietrykks vedkommende 0,41—1,52 kg/cm² og for snetemperaturens vedkommende 0°C til $\div 23,8^\circ\text{C}$. Hovedtyngden av materialet ligger imidlertid ved høyere temperaturer enn $\div 11,1^\circ\text{C}$.

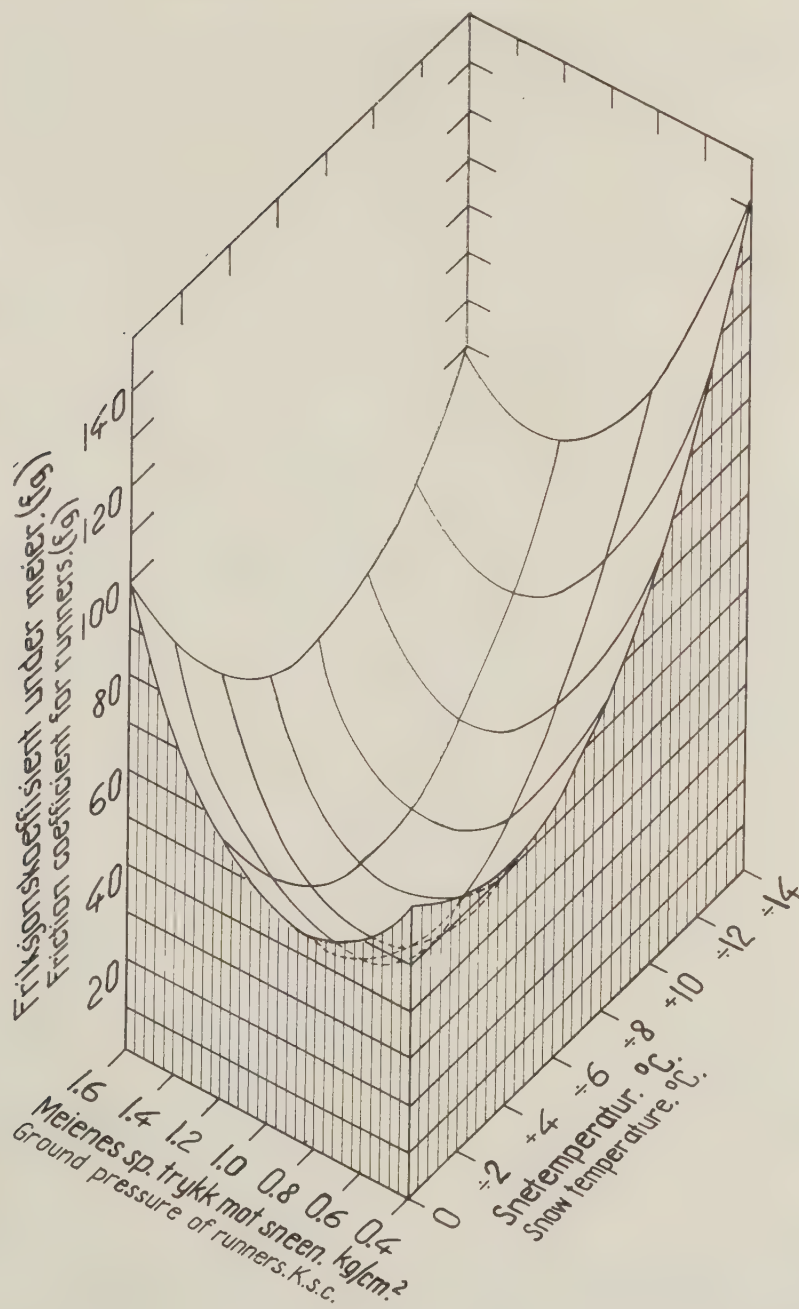


Fig. 72. Meiefriksjonskoeffisientens variasjon med snetemperatur og meienes spesifikke trykk.

The variation of friction coefficient of runners with snow temperature and ground pressure.

I tabell 1 er friksjonskoeffisientene regnet ut for forskjellige snetemperaturer og spesifikke meietrykk. I fig. 72 er vist et romdiagram over variasjonene i friksjonskoeffisienten. Herav fremgår friksjonskoeffisientens variasjon med snetemperaturen. Når temperaturen synker, avtar friksjonskoeffisienten inntil et visst minimumspunkt, hvorefter den øker igjen. Dette har flere årsaker:

a) Når meiene glir over snedekket berører de bare en del av snekornene. Det spesifikke trykk i berøringsflatene blir så høyt at det opptrer trykksmelting, samtidig som bevegelsens friksjonsvarme bidrer til å skaffe smeltevann til væskefriksjon.

b) Jo varmere snedekket er, dess mindre er dets bæreevne (fig. 59). I nærheten av 0°C vil meienes belastning volde store plastiske og elastiske deformasjoner av snekornene, så meiene kommer i berøring med forholdsvis mange snekorn. Det samlede berøringsareal blir stort, og det spesifikke trykk i berøringsflatene lite, hvorfor trykksmeltingen blir liten. Jo kaldere snedekket er, dess mere holdfast er det, og dess mindre blir berøringsarealet. Når temperaturen synker fra 0°C øker derfor trykksmeltingen, så det etter hvert blir relativt mere av væskefriksjon i forhold til tørr friksjon og meiefriksjonen avtar.

I den umiddelbare nærhet av 0°C kan dessuten deformasjonene bli så store at meiene presser seg ned i dekket. Arbeidet for å overvinne deformasjonene under meienes bevegelse, bidrar også til en økning av friksjonskoeffisienten i bløtt dekke.

c) Når veidekket er blitt tilstrekkelig kaldt, er bæreevnen så stor, at deformasjonene spiller en mindre rolle. Da det skal høyere trykk for å frembringe smelting jo lavere temperaturen er (fig. 34), vil færre og færre av de snekorn som berøres bli utsatt for tilstrekkelig høyt trykk så de smelter i berøringspunktene når temperaturen synker. Når friksjonskoeffisienten har nådd sitt minimum, vil derfor synkende temperatur forårsake at det blir relativt mere tørr friksjon enn væskefriksjon, så meiefriksjonskoeffisienten øker igjen.

Jo større det spesifikke trykk under meiene er, dess større er deformasjonen av snekornene. Det skal større fasthet, eller med andre ord lavere temperatur i snedekket for å tåle et stort enn et lite spesifikt trykk, hvis deformasjonene under meiene skal være like store. Det ovennevnte resonnement fører derfor til at den minimale friksjonskoeffisient opptrer ved lavere temperatur jo høyere meienes spesifikke trykk er. At det er tilfelle ser man

direkte av fig. 72. For å studere forholdet nærmere, kan vi derivere formel (2) partielt med hensyn på snetemperaturen. Da er friksjonskoeffisienten minst mulig når den første-deriverte er 0, og den annen-deriverte positiv.

$$\frac{\partial fg}{\partial t} = + 4,08 + 1,76 \cdot t + 6,04 \cdot b$$

$$\frac{\partial^2 fg}{\partial t^2} = + 1,76$$

$$\frac{\partial fg}{\partial t} = 0 \text{ når:}$$

$$t = \div 3,43 \cdot b \div 2,3 \quad (3)$$

Formel (3) finnes utregnet i tabell 2, og man ser at temperaturen for minimal friksjonskoeffisient avtar med økende spesifikt trykk under meiene.

Det er også av interesse å se hvordan friksjonskoeffisienten varierer med en endring i meienes spesifikke trykk. Av fig. 72 sees at når belastningen eller det spesifikke trykk øker, synker friksjonskoeffisienten til et visst minimum, for så å øke igjen. Med økningen av det spesifikke trykk følger nemlig større trykksmelting (se side 391) hvilket resulterer i en avtagende friksjonskoeffisient. Når det spesifikke trykk blir tilstrekkelig høyt, blir imidlertid deformasjonen av snekorn og veidekke så stor at friksjonskoeffisienten begynner å øke igjen. Derfor finner friksjonskoeffisientens minimum sted ved et høyere spesifikt meietrykk jo kaldere og dermed hardere sneoverflaten er. Vi kan finne det spesifikke trykk som gir et minimum av friksjonskoeffisienten ved å derivere formel (2) partielt med hensyn på det spesifikke trykk. Fremgangsmåten er den samme som under beregningen av formel (3), og vi finner at friksjonskoeffisienten er i minimum når:

$$b = \div 0,0378 \cdot t + 0,81 \quad (4)$$

Formelen er utregnet i tabell 3.

Ved å multiplisere de spesifikke trykk (i kg/cm²) som er oppgitt i tabell 3 med meienes anleggsareal (i cm²) kan vi finne den lasstørrelse som gir de forskjellige forsøksdoninger minst mulig friksjonskoeffisient under varierende snetemperaturer. La oss

eksempelvis regne med ferskt tømmer som har en volumvekt på $0,8 \text{ kg/dm}^3$, og snetemperaturer som varierer fra $\div 2^\circ\text{C}$ til $\div 10^\circ\text{C}$. For hestedoningenes vedkommende finner vi at følgende lasstørrelse gir minst mulig friksjonskoeffisient, idet vi tar hensyn til vekten av doningene:

VSA-doning	4,4— 6,1 m^3
Moelv-doning nr. 144	3,5— 4,8 m^3
Finsk doning	8,7—11,7 m^3

Med de tilsvarende friksjonskoeffisienter ifølge tabell 3, gir dette følgende trekkmotstand på horisontal mark:

VSA-doning	112—159 kg
Moelv-doning nr. 144	86—124 kg
Finsk doning	281—299 kg

Vi ser at om det store meieareal på den finske doning skal kunne utnyttes, gir den altfor stor trekkmotstand for hesten (se side 537). Det store meieareal gjør at den går tyngre enn de øvrige doninger med normale hestelass. Da ERIKSSON (1949) antyder at det ved et og samme spesifikke meietrykk er en tendens til økning av friksjonen jo større meiearealet er, er forholdet muligens enda ugunstigere for den finske donings vedkommende, enn hva beregningen viser. For de øvrige doninger er denne tendens av mindre betydning, fordi meiearealene varierer forholdsvis lite.

Både VSA-doningen og Moelvdoning nr. 144 har et meieareal som passer godt for en normal hest under tømmertransport på ferdigpakket snevei. På en god basvei bør meiearealet være ca. 4000 cm^2 .

Av fig. 72 fremgår at friksjonskoeffisienten øker raskt når det spesifikke meietrykk minker i forhold til det trykk som gir minimal friksjonskoeffisient. Derfor avtar ikke trekraften i tilsvarende grad som man reduserer lasstørrelsen under kjøring på horisontal vei. Som eksempel kan vi studere forholdet for Moelvdoningens vedkommende. Regner vi med friksjonskoeffisienten ifølge tabell 1 og 3, meieareal og doningvekt ifølge tabell II, en tømmer volumvekt på $0,8 \text{ kg/dm}^3$, og en snetemperatur på $\div 10^\circ\text{C}$, finner vi:

4,8 m^3 lass	tilsvarer	124 kg	trekkmotstand
3,2 m^3	»	»	115 kg
1,5 m^3	»	»	114 kg

Er snetemperaturen $\div 2^{\circ}\text{C}$, finner vi på tilsvarende måte:

3,5 m ³ lass	tilsvarer	86 kg	trekkmotstand
1,5 m ³	»	»	70 kg

Hvis det er motbakker i veien, kommer bakkemotstanden i tillegg til friksjonsmotstanden. For et 3,5 m³ lass (volumvekt 0,8) blir f. eks. bakkemotstanden ca. 60 kg i en stigning på 20⁰/₁₀₀ og ca. 149 kg i en stigning på 50⁰/₁₀₀. I lengre bakker må derfor lassene reduseres for at hesten skal kunne trekke dem, men da dette ikke fører til særlig reduksjon i friksjonsmotstanden, ser man at motbakker for hestetransportens vedkommende er meget ugunstig ut fra en transportteknisk synsvinkel.

For traktordoningene er den lasstørrelse som gir minst mulig trekkraft pr. tonn av lassvekten avhengig av rullemotstanden for den del av lasset som hviler på traktoren, og av meiefriksjonen for den del av lasset som hviler på meiene. Spørsmålet om optimallassets størrelse kan derfor først diskuteres etterat bl. a. traktorens rullemotstand er behandlet. Foreløpig skal vi begrense oss til å vise et eksempel på de lasstørrelser som gir minst mulig meiefriksjon under følgende forutsetninger:

- Avstanden mellom Sesamdoningens banker er 300 cm.
- Hver av bankene opptar halvparten av lassvekten.
- Moelvdoningens forbank er montert i midtre posisjon, eller 140 cm fra trekkroken. Lasset er fordelt på bankene, slik at det spesifikke trykk blir det samme under bukkens og geitas meier.
- Tømmerets volumvekt er 0,8 kg/dm³.
- Snetemperaturen varierer fra $\div 2^{\circ}\text{C}$ til $\div 10^{\circ}\text{C}$.

De øvrige data for beregningen fremgår av fig. 7 og 8, samt tabell II og tabell 3. Beregningen viser at følgende lasstørrelser gir minimal friksjonskoeffisient:

Sesamdoning IV.....	5,6— 7,6 m ³
Moelvdoning nr. 154—II	5,5— 7,5 m ³
Moelvdoning nr. 154—III	7,4—10,0 m ³

Dette tilsvarende følgende trekkmotstand:

Sesamdoning IV.....	97—139 kg
Moelvdoning nr. 154—II	112—160 kg
Moelvdoning nr. 154—III	150—215 kg

Forskjellen i Moelvdoningene er meiearealet. Doning II har 7,6 cm brede meier mens doning III har 10,2 cm meiebredde. Moelvdoning nr. 154 III gir grunnlag for en optimal lasstørrelse ifølge meiefriksjon som passer godt for de fleste vanlige hjultraktorer under kjøring på det høyeste eller nest høyeste gear (se side 523). Da det viser seg at en meiebredde på ca. 4'' er nødvendig for at doningen ikke skal skjære seg ned i veidekket når veibanen er løs like etter pakking, må denne meiebredde anbefales. Et meieareal på ca. 5850 cm² skulle derfor passe bra for en geitdoning for traktor.

Sesamdoning IV gir grunnlag for et mindre optimallass ifølge meiefriksjon. Lasstørrelsen kan økes, hvis man overfører mere av lassvekten til traktoren. Da den siste fordeling av lassvekten gir traktoren en belastning på 1,4—1,8 tonn, vil en slik fremgangsmåte lett overbelaste traktoren. Går man den motsatte vei og lesser relativt mere av lasset på bakre banke så traktoren blir belastet med en mindre del av lasset, blir optimal lasstørrelse ifølge meiefriksjon mindre enn det som er vist i beregningen ovenfor. En eventuell økning av lassstørrelsen for Sesamdoningens vedkommende fører til en økning av meiefriksjonskoeffisienten. Man kan imidlertid bedre forholdet ved å øke meiebredden ut over 10,2 cm. Allerede på dette tidspunkt kan vi derfor si at en doning etter semitrailerprinsippet må ha forholdsvis stor meiebredde, hvis den skal gi grunnlag for samme lasstørrelse ved minimal friksjonskoeffisient som en geitdoning for traktor. I sin nåværende form passer derfor Sesamdoningens best for smådrifter, der man ikke setter så store krav til lasstørrelsen. Dette spørsmål vil bli nærmere belyst under diskusjon av kjøring i stigninger.

En reduksjon av lasstørrelsen i forhold til optimallasset ifølge meiefriksjon fører som nevnt til en økning av friksjonskoeffisienten. Heller ikke for traktordoningens vedkommende kan vi derfor vente en særlig minking av trekkraften. Eksempelvis vil forholdet for en Moelvdoning 154 med 10,2 cm brede meier under kjøring på en horisontal snepakket vei, med snetemperatur $\div 10^{\circ}\text{C}$ være:

10,0 m ³ /lass	tilsvarer	215 kg	trekkmotstand iflg. meiefriksjon
6,6 m ³ /lass	»	201 kg	» » » »
3,0 m ³ /lass	»	198 kg	» » » »

Av tabellene 1, 2 og 3 sees at man oppnår den laveste meiefriksjon når meienes spesifikke trykk ligger mellom 0,8 og 1,2

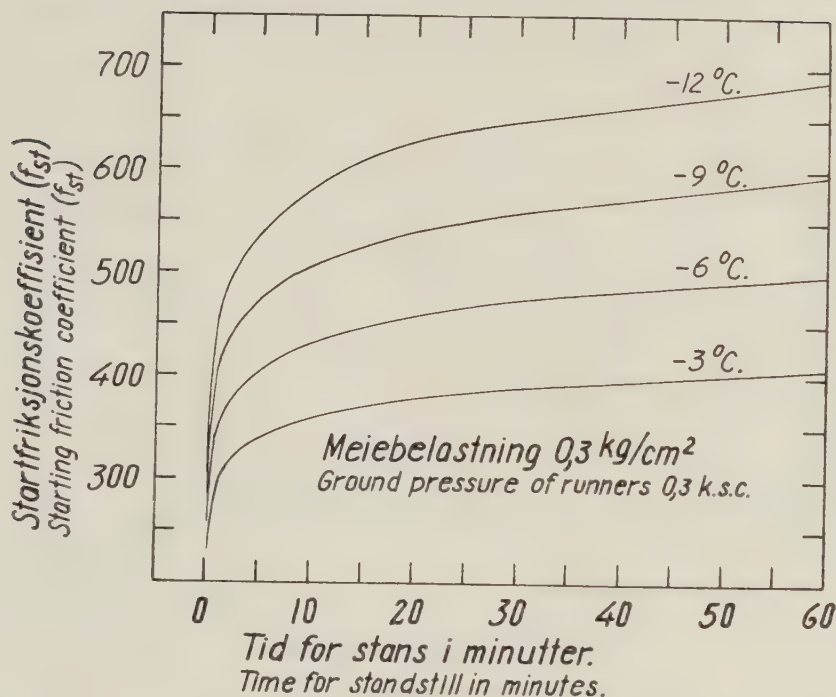


Fig. 73. Startfriksjonskoeffisient under løsrykking av doning på snepakket vei.
Friction coefficient during start of sleds on compact snow-road.

kg/cm² og snetemperaturen varierer fra $\div 4^{\circ}\text{C}$ til $\div 8^{\circ}\text{C}$. Under slike forhold kan man regne med friksjonskoeffisienter på 20—30 kg pr. tonn av meiebelastningen.

312.12 Meiefriksjon under start (startfriksjon).

Disse forsøk ble gjennomført på ferdigpakket jevn snevei med snevolumvekt større enn 0,5 kg/dm³ og snekornstørrelse 1,5—2,5 mm. Doningen var beslått med vanlig meiestål, og glattheten var fremkommet under transport på snevei.

Vi fant at startfriksjonskoeffisienten kunne beskrives med følgende funksjon:

$$f_{st} = + 37,38 \cdot \log m_i \div 8,30 \cdot t \cdot \log m_i \div 151,42 \cdot b + 215 \quad (5)$$

Korrelasjonskoeffisienten mellom de observerte og utjevnete startfriksjonskoeffisienter er $R = 0,7742$, og materialets spredning i forhold til den utjevnete funksjon er $S = 23,25 \%$ (se tabell XVI og

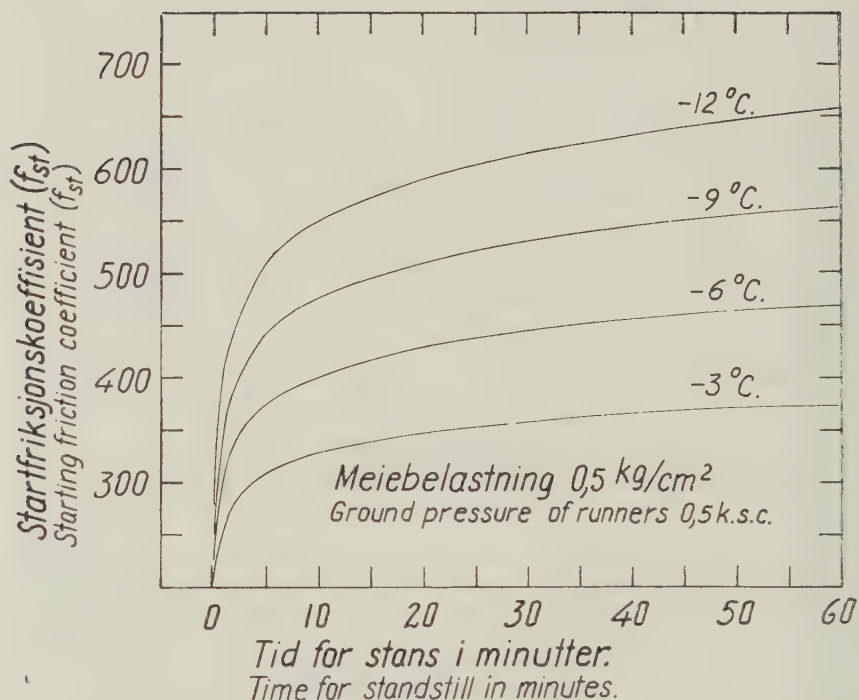


Fig. 74. Startfriksjonskoeffisient under løsrykking av doning på snepakket vei.
Friction coefficient during start of sleds on compact snow-road.

fig. IV). Funksjonens område er $m_i = 0,1 - 109$ minutter, $b = 0,37 - 0,66 \text{ kg/cm}^2$ og $t = 0 - \div 12,6^{\circ}\text{C}$.

De utjevnete startfriksjonskoeffisienter er regnet ut på grunnlag av formel (5). Av fig. 73, 74 og 75 sees koeffisientens variasjon med tiden for stans (m_i), snetemperatur (t) og meienes spesifikke trykk mot sneen (b). I tabell 4 kan startfriksjonskoeffisientens størrelse avleses. Det sees at startfriksjonskoeffisienten øker raskt når tiden for stans øker fra 0 og oppover. Etter hvert blir startfriksjonskoeffisientens økning mindre, og når tiden for stans er lenger enn 5–10 minutter, er startfriksjonskoeffisientens økning forholdsvis liten.

Dette kan forklares på følgende måte. I det øyeblikk doningen stanser er meienes berøringsflater mot snekornene så små, at det spesifikke trykk mot snekornene er tilstrekkelig høyt for snesmelting, selv ved forholdsvis lave temperaturer. Smeltevannet presses ut til siden og fryser seg fast til snekorn og meiestål utenfor berør-

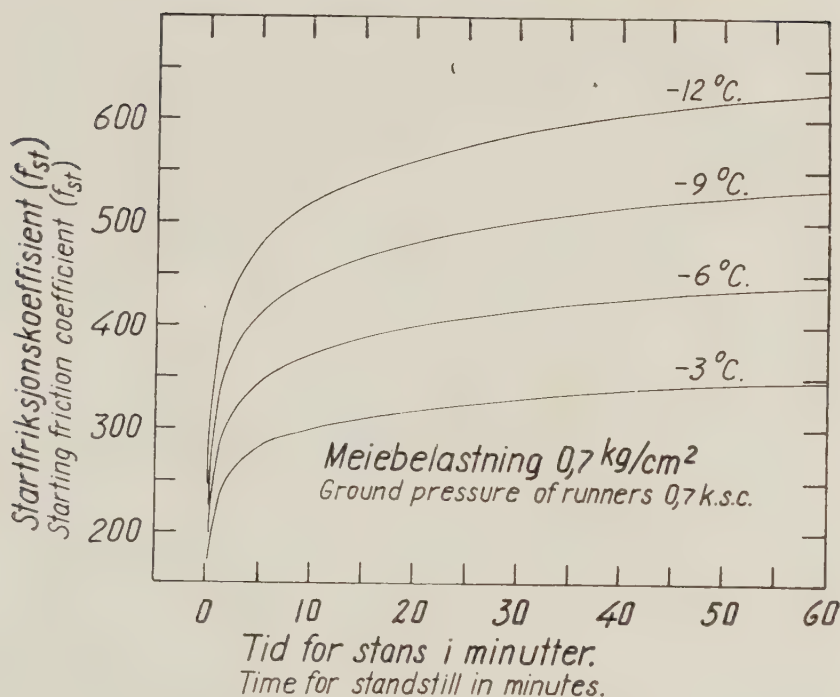


Fig. 75. Startfriksjonskoeffisient under løsrykking av doning på snepakket vei.
Friction coefficient during start of sleds on compact snow-road.

ingsflaten. Etter hvert som sneen smelter vekk blir berøringsflaten større, og det spesifikke trykk avtar. Etter en kort stund er det spesifikke trykk så lite at det ikke lenger oppstår noen trykksmelting. Denne del av trykksmeltingen går meget hurtig, hvilket forklarer den raske økning av startfriksjonskoeffisienten den første tid etterat doningen har stoppet.

Men startfriksjonskoeffisienten fortsetter å bli større etterat trykksmeltingen opphører. Dette må forklares ved at det foregår en sublimasjonsmetamorfose. Vi har tidligere sett at vannmolekylene sitter fastere festet til sprekker og fordypninger enn til den avrundete snekornoverflate. Luftlaget mellom snekorn og meier kan derfor bli undermettet over spisse eller fremspringende snekornhjørner, men overmettet i sprekke, f. eks. mellom meiene og snekorn rundt berøringsflatene. Derfor vandrer vannmolekylene fra de fremspringende snekornspisser til poreluften og fra poreluften til sprekke mellom snekorn og meier. På den måten øker meienes

kontakt med og fastfrysing til snekornene, slik at startfriksjonskoeffisienten øker.

Vi ser at startfriksjonskoeffisienten også øker med synkende temperatur. Dette må skyldes at fastheten i isen ved sammenfrysningpunktene er større jo kaldere sneen er. På den annen side avtar jo også trykksmeltingen med synkende temperatur. Det er derfor sannsynlig at sammenhengen mellom temperatur og startfriksjonskoeffisient egentlig er krumlinjet. Det materiale vi disponerte i denne undersøkelse gav dog ikke grunnlag for å påvise en slik tendens.

Av tabell 4 ser man også at startfriksjonskoeffisienten blir mindre jo større meienes spesifikke trykk mot underlaget er. Ifølge diskusjonen under kapitel 311.25 skulle man vente en økning av startfriksjonskoeffisienten når belastningen øker, fordi trykksmeltingen og dermed fastfrysingen øker for de spesifikke trykk undersøkelsen omfatter. Siden den motsatte tendens gjør seg gjeldende, må det også være en annen forklaring på problemet. Når lasset rykkes løs etterat meiene er fastfrosset til bakken, må sammenfrysingsstedene mellom meier og snekorn brytes i stykker. Den kraft som skal til for å rive løs lasset er derfor bare avhengig av det sammenfrosne areal, samt isens holdfasthet. Hvis holdfastheten og sammenfrysningsarealet er konstant, vil startfriksjonskoeffisienten være omvendt proporsjonal med belastningens størrelse, idet:

$$f_{st} = \frac{T_1}{Qd} = \frac{T_1}{A \cdot b}$$

Her er T_1 = trekkraft.

Qd = doningens og lassets vekt på meiene.

A = meienes anleggsareal mot veien.

b = meienes spesifikke trykk.

Vi ser altså at en økning av det spesifikke trykk på den ene side gir øket trykksmelting og derved større sammenfrysningsareal, men på den annen side en minskning av startfriksjonskoeffisienten, fordi isens bruddfasthet er praktisk talt konstant ved en og samme snetemperatur. Resultatet blir en avtagende startfriksjonskoeffisient ved økende specifikt meietrykk.

Av tabell 4 ser vi at startfriksjonskoeffisienten er meget høy

når doningen har stått stille en stund. Ved 5 minutters stans, er den f. eks. ca. 300—500 kg pr. tonn av lassets og doningens vekt, når snetemperaturen varierer fra $\div 3^{\circ}\text{C}$ til $\div 12^{\circ}\text{C}$. Ved å sammenligne meiefriksjonskoeffisienten i tabell 1 med startfriksjonskoeffisienten i tabell 4, får man et inntrykk av hvor meget større kraft det skal til for å rykke løs et lass som har frosset seg fast til bakken, enn for å holde det i bevegelse på horisontal vei.

Eksempel 1. Hvis en Moelvdoning nr. 144 (hestedoning) med $2,3 \text{ m}^3$ ferskt tommer (volumvekt $0,8 \text{ kg/dm}^3$) kjører på en snepakket vei med snetemperatur $\div 6^{\circ}\text{C}$, er meiebelastningen 2,01 tonn, eller $0,6 \text{ kg/cm}^2$. For å holde lasset i bevegelse på horisontal vei, er den nødvendige trekkraft: $2,01 \cdot fg = 2,01 \cdot 38 = 76 \text{ kg}$. Står lasset stille i 5 minutter, er den nødvendige løsrykkingskraft: $2,01 \cdot fst = 2,01 \cdot 361 = 726 \text{ kg}$. Det skal altså nesten 10 ganger så stor kraft for å rykke løs lasset som å holde det i bevegelse på horisontal vei. Løsrykkingskraften er i dette tilfelle så stor at hesten vanligvis ikke greier det uten videre. Man må hjelpe den i vei, f. eks. ved å løsne på meiene med en håndspak eller lignende.

Eksempel 2. Hvis en Moelvdoning nr. 154—III med $6,6 \text{ m}^3$ lass av ferskt tømmer (volumvekt $0,8 \text{ kg/dm}^3$) kjører på samme vei som i eksemplet ovenfor, er meiebelastningen 4,66 tonn, eller $0,8 \text{ kg/cm}^2$. Vi regner med at forbanken er montert i midtre posisjon. Trekkraften for å holde lasset i bevegelse på horisontal vei, er $4,66 \cdot fg = 4,66 \cdot 22 = 103 \text{ kg}$. Hvis lasset står stille i 5 minutter er løsrykkingskraften $4,66 \cdot fst = 4,66 \cdot 331 = 1543 \text{ kg}$. Har lasset stått i ro en time, trengs det $4,66 \cdot 410 = 1912 \text{ kg}$ trekkraft for å rykke løs lasset.

Av de nevnte og lignende eksempler vil en se at det er særdeles viktig å sørge for å eliminere startfriksjonen. Stopper man i lengere tid, blir den kraft som skal til for å rykke løs lasset ofte så stor at hesten eller traktoren ikke greier det. I slike tilfelle pådrar man seg unødig ekstraarbeide med å løsne meiene fra underlaget. Ved lengre stans bør man kjøre hvert av meieparene opp på en barket kavle som legges oppå veidekket på tvers av veibanen. Derved unngår man at meiene fryser seg fast.

Under starten bør hest eller traktor trekke i vinkel i forhold til bukken. Derved oppnår man en liten dreining så den minst fastfrosne meie løsner først. Man rykker til en viss grad løs en mei av gangen.

Det er videre en fordel med en liten klaring eller bevegelsesfrihet i forbindelsen mellom bukk og geit. For lengre stans setter man doningen fra seg med bukken så langt bakover mot geita som mulig. Når man starter igjen, blir bukken løsnet først. Den bevegelsesenergi traktor eller hest oppnår like etter løsrykkingsøyeblikket hjelper til å sette geita i bevegelse.

312.2. *Traktorens rullemotstand.*

Når traktoren frakter tømmerlass langs en horisontal snevei, må motoren dels overvinne friksjonsmotstanden mellom meier og snebane og dels rullemotstanden ifølge traktorvekten og den del av lassvekten som hviler på traktoren.

Traktorens rullemotstand kan spaltes i to hovedbestanddeler, nemlig den indre rullemotstand som skyldes hjul- eller beltekonstruksjonen og den ytre rullemotstand som skyldes forholdene i veibanen.

Den indre rullemotstand skyldes lagerfriksjon, energitap på grunn av gummihjulets deformasjon under rulling og bevegelse over ujevnheter i veien, samt luft- eller veskeforskyvning i gummiringene. Av større betydning er imidlertid friksjonen mellom hjul og halvbelter eller snekjetting. Beltene kan suge seg fast til hjulet under bevegelsen, og der forekommer energitap på grunn av beltets bøyning og på grunn av deformasjoner i gummihjulet under et stramt belte.

Den ytre rullemotstand skyldes de ujevnheter i veibanen som hjulene klatrer over, arbeide med å presse belte- eller hjulribber inn i veilegemet, samt adhesjon mellom hjul eller ribber og veibanen. Den største økning i rullemotstanden får man når hjulet deformerer veibanen og lager hjulspor. Denne deformasjon er delvis av elastisk og delvis av plastisk natur. PALMGREN (1945) har undersøkt rullemotstanden for stålruller som beveger seg på stålunderlag. Når rullen presses mot underlaget, vil det oppstå elastiske deformasjoner i rullens og underlagets berøringsflater. Under bevegelsen fremover vil trykket øke til et maksimum midt under rullsentret, hvor den største sammenpressing finner sted. Bakenfor rullens sentrum vil trykket bli mindre, og materialet inntar elastisk sin opprinnelige form. Det viser seg imidlertid at det skal større kraft til å presse rullen ned i underlaget enn til å holde igjen når

den løftes ut av underlaget. Sammenpressingstrykket blir derfor større foran rullsentret hvor rullen trenger ned i underlaget, enn bakenfor senteret når rullen på grunn av sin bevegelse løftes opp igjen. Dette resulterer i et dreiemoment motsatt av rullingens og arter seg som en rullemotstand. Da den elastiske deformasjon øker med trykket vil rullemotstanden øke med den totale belastning på rullen.

Er fastheten større i rullen enn i underlaget, vil presset bli forholdsvis stort under hjulsentret så nedpressingen blir dypere. Under slike forhold vil det store deformasjonsarbeide føre til øket rullemotstand. Ved elastiske deformasjoner får man derfor mindre rullemotstand jo mindre fasthet rullen har i forhold til underlaget.

Under kjøring på snepakket vei vil hjulene, hjulribbene eller belteribbene volde plastiske deformasjoner i underlaget. Dette forårsaker et stort deformasjonsarbeide, og på løs vei kan nedsynkningen forårsake meget stor rullemotstand. Forsøk har vist at man under kjøring med hjul på jordbakke kan få omkring 50 % økning av rullemotstanden for hver cm nedsynkning. (ERIKSSON 1952). I slike tilfelle er det derfor av betydning at hjulene har god flyteevne. Stor hjuldiameter og stor felgbredde reduserer rullemotstanden under kjøring på bløtt underlag, mens forholdet har mindre betydning på fast vei (McKIBBEN, REED og REAVES 1952, SHAW 1953 m. fl.). Man kan også oppnå en reduksjon av rullemotstanden på løs vei ved å minske dekkens lufttrykk, da dette fører til større dekkdeformasjon så bæreevnen blir større. (MEYER og BOCK 1951).

I sine forsøk viste PALMGREN (1945) at det er en tendens til økning av rullemotstand, når rullen utsettes for en kraft i bevegelsesretningen, ved elastiske deformasjoner i rull og underlag. Kraften fører nemlig til at materialet i underlaget skyves elastisk foran rullen, så denne stadig må bevege seg mot en bølge eller opphopning av materiale. Ved plastiske deformasjoner i underlaget er virkningen enda større, fordi relativt mere av underlagets materiale blir skjøvet foran rullen eller hjulet. Under kjøring på snepakket vei skulle man derfor vente en større rullemotstand (utenom bremse- eller drivkraften) under bremsing enn under drift av hjulene. I vår undersøkelse er det ikke lyktes å ta hensyn til dette forhold. Rullemotstanden er målt ved å trekke traktoren med utkoblet motor langs forsøksveien.

Nærværende undersøkelse ble gjennomført på fast og jevnt snepakket veidekke, der snevolumvekten var større enn $0,5 \text{ kg/dm}^3$, og snetemperaturen $\div 2^\circ\text{C}$ til $\div 5^\circ\text{C}$ når intet annet er nevnt. Vi skal senere vise at det er nødvendig å utstyre drivhjulene med snekjetting eller halvbelter for å få tilstrekkelig gripeevne. Rullemotstanden ble derfor målt både med og uten dette tilleggsutstyr på hjulene. Traktorene Ferguson og David Brown var dessuten utstyrt med traktorski foran, så her innbefatter rullemotstanden den glidende friksjon under traktorskiene.

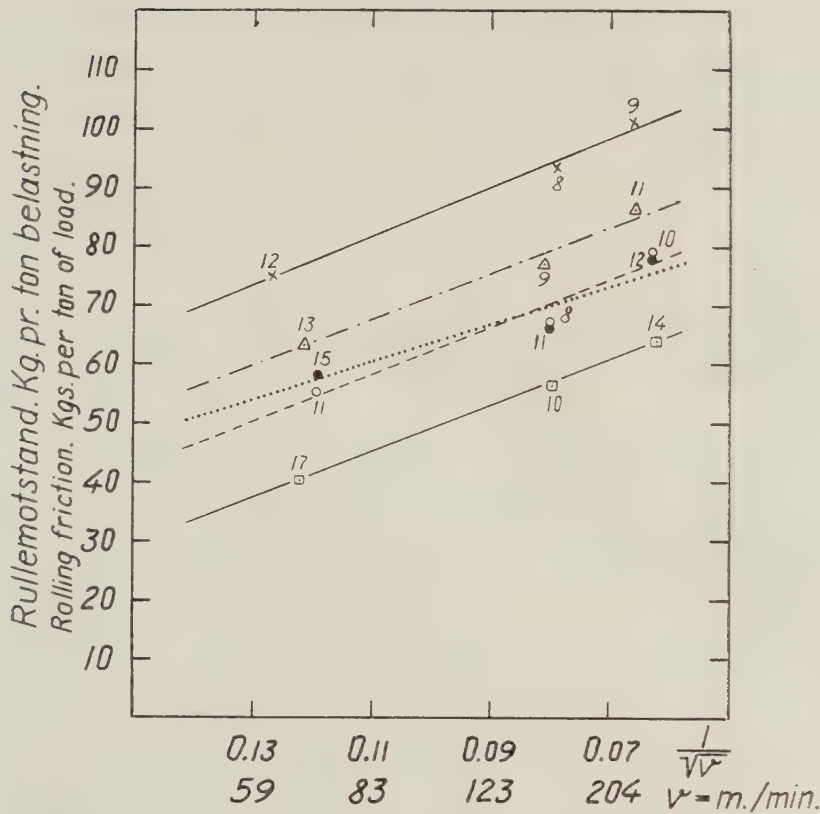
Arbeidet med å presse kjettingen ned i veidekket og løsne dem igjen under bevegelsen fremover bidrar til å øke rullemotstanden. Tabell 5 viser resultatet fra en undersøkelse på Ås 1952, da en ubelastet Fergusontraktor kjørte med ca. $4,5 \text{ km/time}$ på en snepakket vei. Man ser at rullemotstandskoeffisienten varierer fra 68 til 106 kg pr. tonn av traktorens vekt, og den er vesentlig større når drivhjulene er utstyrt med bråddkjetting eller siksakformet selvbyggerkjetting enn når gummihjulene ikke har kjetting.

HUBENDICK (1943) viste at rullemotstanden øker med hastigheten. I sitt arbeide refererer han også en rekke andre undersøkelser som viser en lignende tendens. Vinteren 1952 utførte vi en undersøkelse av dette forhold, idet en Fergusontraktor og en David Brown traktor ble trukket med varierende hastighet på snefri isbane på Årungen i Ås. Vi fant at rullemotstanden øker med hastigheten etter følgende funksjonstype:

$$fr = a \div b_2 \frac{1}{\sqrt{v}} \quad (6)$$

Tabell XVII viser resultatet av materialets utjevning, samt funksjonsverdiene for de alternativer forsøket omfatter. I fig. 76 er resultatet fremstillet grafisk for Fergusontraktorens vedkommende og i fig. 77 for David Browntraktorens vedkommende. Tabellen og figurene viser at funksjonstypen gir en meget god beskrivelse av hvorledes rullemotstanden øker med hastigheten innen det undersøkte hastighetsområde.

På bløt veibane skulle man vente en reduksjon i rullemotstanden ved å utstyre hjultraktorene med halvbelter på grunn av den større flyteevne. Dette er særlig tilfelle under kjøring i løs sne. Men også på en snepakket vei kan man vente en lignende tendens, idet hjulene etter hvert slurer seg spor i veilegemet og danner et løst dekke av oppsmuldret sne i overflaten.



Mellomhjulenenes akseltrykk i kg. Axial load on bogiewheels. Kgs.	Beltets nedbøyning ved 80 kg. belastning. Deflection on track at 80 kgs. load.	Tegn. Sign.
230	6	—X—X—
100	6	-·-·-·-·-·-·-
230	8	·····●·····
100	8	-·-·-·-·-·-·-
Hjul. (wheels).		—□—□—

Fig. 76. Rullemotstandskoeffisient for Ferguson på isbane.
Rolling resistance coefficient for Ferguson on ice-covered lake.

På den annen side er den indre rullemotsand større for halv-beltetraktorer enn for hjultraktorer. Tidligere forsøk har f. eks. vist at når beltetraktoren kjører på jordbakke, vil rullemotstandskoeffisienten vanligvis variere fra 50 til 100 kg pr. tonn av traktor-

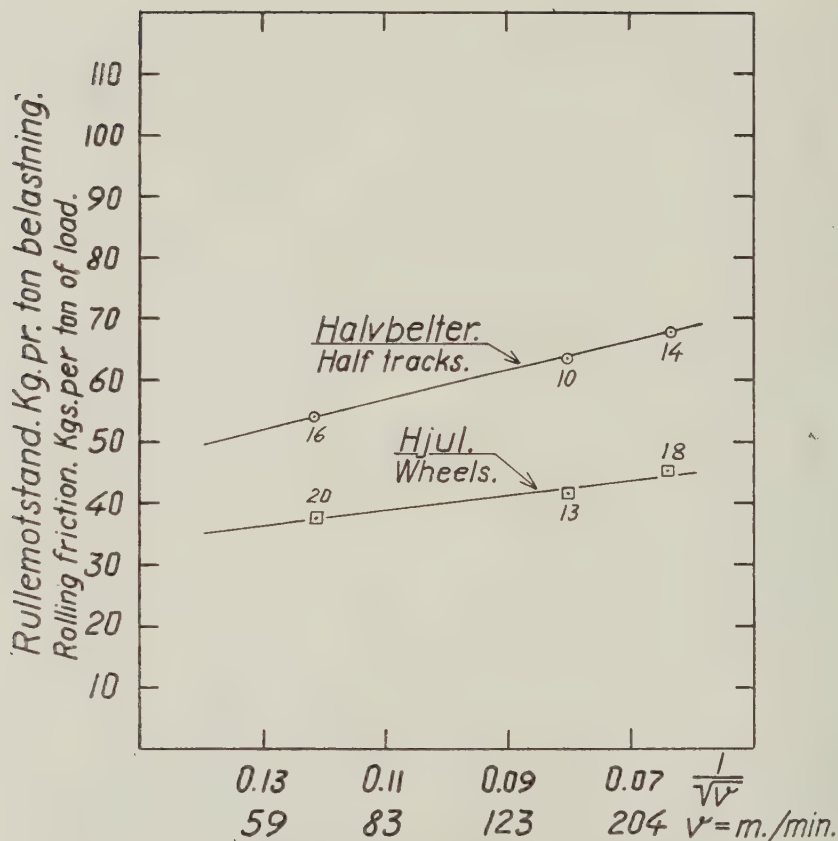


Fig. 77. Rullemotstandskoeffisient for David Brown på isbane.
Rolling resistance coefficient for David Brown on ice-covered lake.

vekten (de MEGILLE 1954). Fig. 76 og 77 viser at halvbelte-traktorene har betydelig større rullemotstand enn hjultraktorene. Da kurvene refererer seg til kjøring på snefri isbane, er det først og fremst den indre rullemotstand som bevirker økningen av rullemotstandskoeffisienten. Av fig. 76 sees at rullemotstandskoeffisienten blir større jo strammere beltet er og jo større mellomhjulspresset er mot bakken. Beltestrammingen har størst betydning. Mellomhjulspresset øver mindre innflytelse på rullemotstanden, særlig hvis beltet er slakt. På fast vei bør man derfor kjøre med så slakt belte som mulig. Sluring av hjulene i beltene setter dog en grense for hvor slakke beltene kan være.

På denne bakgrunn gjennomførte vi en rekke forsøk angående traktorens rullemotstand under kjøring på snepakket vei. Vi under-

søkte så vel hastighetens som belastningens betydning for rullemotstanden. Tabellene XVIII, XIX og XX gir en oversikt over den numeriske utjevning av rullemotstandskoeffisientene. I fig. V, VI, VII og VIII er funksjonene tegnet opp grafisk på samme måte som forklart i kapitel 23.

Det sees at rullemotstandskoeffisienten varierer med hastigheten etter formelen $f_r = a \div b_2 \frac{1}{\sqrt{v}}$. Derimot har vi ikke på grunnlag av vårt materiale kunnet trekke noen generelle slutninger angående den funksjonelle sammenheng mellom rullemotstandskoeffisienten og belastningen. Vi har dog funnet frem til visse tendenser, som skal diskuteres nærmere.

I de aller fleste tilfelle ser man at det er en tydelig tendens til synkende rullemotstandskoeffisient med økende belastning for halvbeltetraktorenes og de firehjulsdrevne traktors vedkommende. (Se fig. VI og VIII). Derimot viser de bakhjulsdrevne traktorer uten halvbelter en tendens til økning av rullemotstandskoeffisienten med økende belastning.

I sitt arbeide angående rullemotstanden refererte HUBENDICK (1943) et laboratorieforsøk gjennomført av den tyske ingeniør KLUGE i 1939. Forsøkene ble foretatt med lettløpende hjul på fast bane og med hastigheter opp til 200 km/time. Kluge fant at rullemotstandskoeffisienten øker med økende belastning. Når halvbeltetraktorene og de firehjulsdrevne traktorer viste den motsatte tendens, skyldes det først og fremst at disse traktors drivhjul har høy indre rullemotstand, som for en stor del er uavhengig av belastningen. Dessuten refererer nærværende undersøkelse seg til forholdsvis lave hastigheter, sammenlignet med de som ble anvendt i Kluges forsøk.

Forholdet kan anskueliggjøres slik:

$$f_{ri} = \frac{T_i}{Q}$$

Her er: f_{ri} = Den del av den indre rullemotstandskoeffisient som skyldes halvbelter eller drev.

Q = Traktorens totalvekt, iberegnet den del av nytte-lasten som hviler på traktoren.

T_i = Den del av trekraften som skal til for å overvinne motstand i halvbelter og drev, og som er uavhengig av traktorens totalvekt.

Av formelen ser man at den indre rullemotstandskoeffisient er omvendt proporsjonal med traktorens vekt.

Av fig. V sees at det er en tendens til større økning av rullemotstandskoeffisienten med hastigheten jo større den indre rullemotstand er sammenlign Fergusontraktoren med stramt og slakt halvbelte. Denne økning er imidlertid ikke tilstrekkelig til å oppveie belastningens reduserende virkning på rullemotstandskoeffisienten innenfor traktorens hastighetsområde. (Se fig. VI).

På grunnlag av de utjevnete funksjoner er rullemotstandskoeffisientene regnet ut for de forskjellige traktorer, og resultatet er sammenstillet i tabell 6. Rullemotstandskoeffisienten er oppgitt i kg pr. tonn av traktorens totalvekt for hastighetene 4, 8 og 12 km/time, samt for ubelastet traktor, og for traktor med 1000 kg vekt fra nyttelaster på trekkroken. Et studium av denne tabell og figurene V—VIII gir en orientering om størrelsen av rullemotstandskoeffisienten under kjøring på snepakket vei med forskjellige typer hjulutstyr og halvbelter. Man ser at Ferguson med slakt halvbelte har rullemotstandskoeffisienter fra 68 til 82 kg pr. tonn ved ubelastet trekkrok, og fra 48 til 62 kg pr. tonn med 1000 kg vekt på trekkroken. Når halvbeltet har stor stramning, er rullemotstandskoeffisienten vesentlig større. Dette er særlig tilfelle når trekkroken er ubelastet på grunn av den store indre rullemotstand.

Når Fergusontraktoren kjører uten halvbelter eller kjøring er rullemotstandskoeffisienten av samme størrelsesorden som når den har halvbelter, hvis lufttrykket er større enn 1,2 kg/cm². Til tross for at den indre rullemotstand er mindre i dette tilfelle har man ikke oppnådd særlig reduksjon i rullemotstanden, fordi de harde hjul presser seg ned i vendekkets overflate og volder stort deformasjonsarbeide. Minsker man lufttrykket til 0,72 kg/cm² får man derimot en betydelig reduksjon i rullemotstanden 25—51 kg pr. tonn, fordi dekkene flyter bedre samtidig som det er liten indre rullemotstand. I dette tilfelle øker rullemotstandskoeffisienten også med belastningen.

David Brown-traktoren må ha større beltestramning enn Ferguson for at hjulene ikke skal slure i beltene. Dette skyldes at den har større trekkraft. Man ser at den store beltestramning ikke øker rullemotstandskoeffisienten så meget som for Fergusontraktorens vedkommende, fordi David Brown er tyngre. For David Brown med halvbelter har vi ikke funnet noen merkbar endring i rullemotstandskoeffisienten om trekkroken belastes fra nyttelasten.

Når belastningen øker, avtar nemlig den indre rullemotstandskoeffisient, hvilket oppveier økningen av den ytre rullemotstandskoeffisient på grunn av det større deformasjonsarbeide. Når David Brown kjører uten halvbelter, er rullemotstandskoeffisienten av samme størrelsesorden som for Fergusontraktorens vedkommende.

I motsetning til de øvrige traktorer har Bolinder Munktell stålbelter, hvilket medfører høy indre rullemotstand. Denne traktor har derfor større rullemotstandskoeffisient enn de andre til tross for at den er relativt tung.

MAN-traktoren har lavest rullemotstandskoeffisient når den er utstyrt med enkelthjul. (41—53 kg pr. tonn for ubelastet traktor og 31—42 kg pr. tonn når traktoren er belastet med 1000 kg på trekkkroken). Rullemotstandskoeffisienten avtar med økende totalvekt, fordi firehjulsdriften forårsaker høy indre rullemotstand. Har MAN-traktoren tvillinghjul, blir rullemotstanden av samme størrelsesorden som halvbeltetraktorene. Det samme er tilfelle når den er utstyrt med enkelthjul og snekjetting.

Ved å sammenligne tabell 6 med tabell 1, ser man at rullemotstandskoeffisienten vanligvis er 2—3 ganger større enn meiefriksjonskoeffisienten under kjøring på fast og jevn snevei med gunstig lasstørrelse på doningen. Den lave meiefriksjonskoeffisient representerer en av sneførets fordeler, idet den lave trekkmotstand gir grunnlag for å kjøre store lass med forholdsvis små motorkrefter.

Sammenligningen av traktorens rullemotstand med meiedonings friksjonskoeffisienter lærer oss samtidig at det er en fordel å legge mest mulig av lassvekten på doningen. Man bør med andre ord velge en doningstype som fører minst mulig av vekten over på traktoren, men den må være så stor at traktoren får tilstrekkelig gripeevne. Da en Sesamdoning (semitrailer) gir traktoren større belastning enn en geitdoning med forbank omtrent midt på trekkbommen, skulle den siste doningstype gi grunnlag for bedre lastfordeling enn den første. Vi kommer senere tilbake til at den belastning geitdoningen overfører til trekkkroken vanligvis er nok til at traktorens hjul eller belter oppnår nødvendig gripeevne.

312.3 *Traktorens sluring og friksjon.*

Traktoren overfører motorens trekkeevne via de drivende hjul til veidekket. Trekkraften må være tilstrekkelig stor til å overvinne trekkmotstanden ifølge hjulenes rullemotstand, meiefrik-

sjonen, stigningsmotstanden og aksellerasjonskreftene. Luftmotstanden kan man se bort fra i det hastighetsområde traktoren vanligvis arbeider. Muligheten for å overføre drivkreftene fra hjul til veidekke er avhengig av hjulenes evne til å gripe fast i underlaget uten særlig sluring. Denne evne kan vi kalle drivhjulenes friksjon, og kan betegnes med friksjonskoeffisienten som er friksjonskraften i kg pr. tonn av den totale belastning på drivhjulene. Etter hvert som trekkmotstanden øker, vil drivhjulene miste taket i underlaget. Det opptrer sluring, og sluringen blir større og større ved fortsatt økning av trekkmotstanden til en viss motstand da sluringen er 100% (se kapittel 212.3). Ved denne trekkmotstand står traktoren stille med spinnende drivhjul eller belter.

HUBENDICK (1943), MEYER og BOCK (1951) m. fl. har vist at forholdet mellom sluring og trekkraft er forskjellig under kjøring på forskjellige typer kjørebaner. I de fleste tilfelle øker trekkraften raskt inntil omkring 30 % sluring, men det videre forløp er forskjellig etter kjørebanens karakter. Under kjøring på friksjonsjordarter (f. eks. sand), opptrer den maksimale trekkraft ved omkring 30% sluring. Ved økende sluring synker trekkraften igjen. (Fig. 78 b). Et lignende forløp gjør seg gjeldende under kjøring på fast snevei (ZIPKES 1944), et forhold som også er tilfelle på snepakket vei (se senere). På kohesjonsjordarter (f. eks. våt leire) holder trekkraften seg noenlunde konstant eller øker svakt når sluringen øker ut over ca. 30% (fig. 78 a). Maksimal trekkraft oppnåes først ved 100% sluring. Vi har unntagelsesvis iaktatt dette forløp på snepakket vei. Da var snetemperaturen 0°C, og sneen finkornet, idet smeltingen var kommet så langt at snedekket nærmet seg kohesjonsjordartenes egenskaper. Da det er vanskelig å beskrive hvor langt smeltingen er nådd ved en snetemperatur på 0°C, har vi valt å begrense forsøkene til snebaner som er kaldere enn 0°C, eller som nettopp er varmet opp til 0°C uten at smelteprosessen er kommet nevneverdig i gang. Målingene er utført på ferdigpakket jevn snevei med større volumvekt enn 0,5 kg/dm³ og snekorndiameter fra 1,5 til 2,5 mm.

Drivhjulenes friksjonskoeffisienter på snevei har tidligere vært lite undersøkt, unntagen for vanlige gummihjul. De oppgitte friksjonskoeffisienter refererer seg til forholdene ved omkring 30—60 % sluring, og verdiene er altså noe høyere enn de man får ved total sluring. SCHINDLER (1936) fant at gummihjulenes friksjonsko-

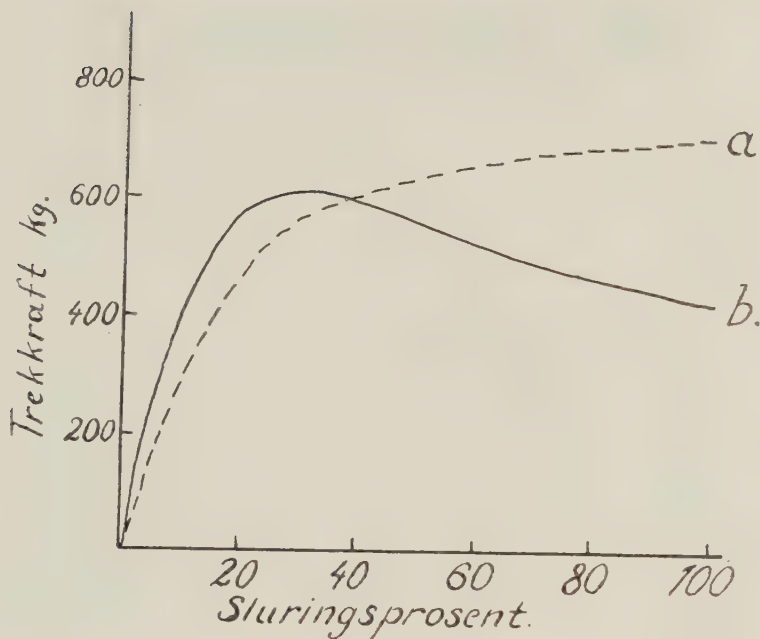


Fig. 78.

effisient (f_t) varierte fra 200—250 kg pr. tonn. ZIPKES og THOMANN (1945) undersøkte forholdene på snebelagt og nedbrøytet asfaltvei. De fant en gjennomsnittlig friksjonskoeffisient (f_t) på 366 kg pr. tonn, men i 56% av alle undersøkte tilfelle varierte friksjonskoeffisienten fra 160—350 kg pr. tonn. SUNDBERG (1952) har regnet med friksjonskoeffisient på 300 kg pr. tonn. ANDERSSON og LUNDBERG (1931) fant at gummi hjulenes friksjonskoeffisient på fast snevei vanligvis var 200—300 kg pr. tonn, men ved å sette tverrkjettinger på hjulene øket friksjonskoeffisienten med ca. 50%.

I en forberedende undersøkelse fant vi god overensstemmelse med disse resultater for gummi hjul på nedbrøytet snevei og på isbane. (Se fig. 79, 80 og 81). Disse forsøk ble utført på ren isbane, ca. 5 cm tykt snedekke på isbane og ca. 30 cm tykt snepakket veidekke på fastmark. Her undersøkte vi den maksimale friksjonskoeffisient før total sluring (f_t) (heltrukken kurve), og friksjonskoeffisienten ved 100% sluring (f_u) (streket kurve). For gummi hjul på nedbrøytet snebane ser man at friksjonskoeffisienten er av samme størrelsesorden som nevnt ovenfor, men den er noe mindre

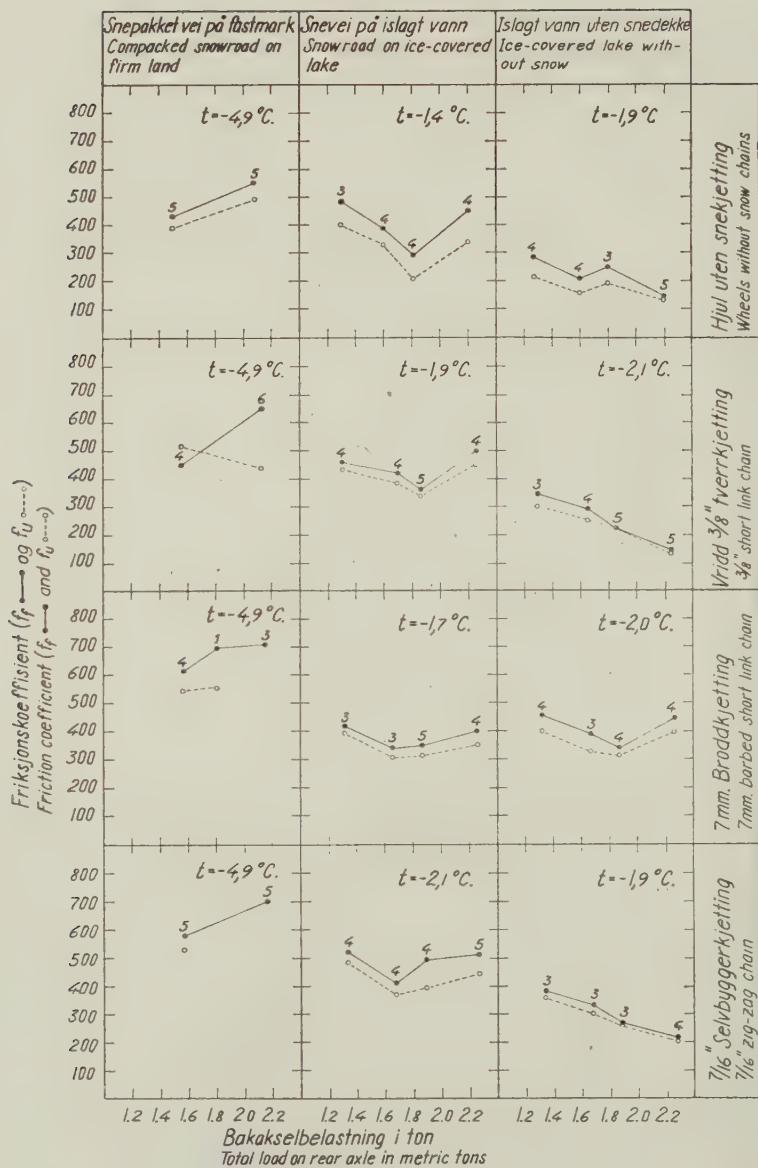


Fig. 79. Friksjonskoeffisient før sluring (f_f) og under sluring (f_u) under kjøring med Ferguson på forskjellige kjørebaner og med forskjellig utstyr på drivhjulene. Materialet er ikke utjevnet. Friction coefficient before slipping (f_f) and during slipping (f_u) while driving on different roadways with Ferguson tractor, equipped with different types of snow-chains on the driving wheels. Curves not smoothed.

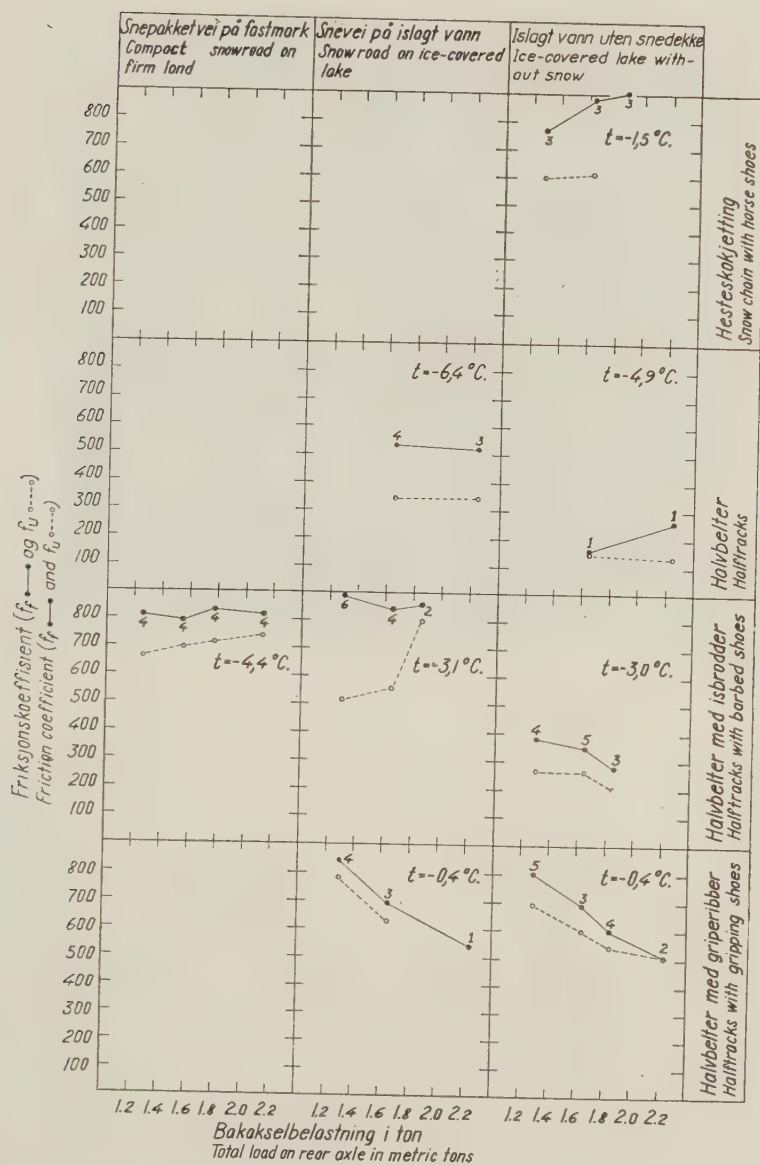


Fig. 80. Friksjonskoeffisient før sluring (f_f) og under sluring (f_u) under kjøring med Ferguson på forskjellige kjørebaner og med forskjellig utstyr på drivhjulene. Materialet er ikke utjevnet. Friction coefficient before slipping (f_f) and during slipping (f_u) while driving on different roadways with Ferguson tractor equipped with different types of snow chains on the driving wheels. Curves not smoothed.

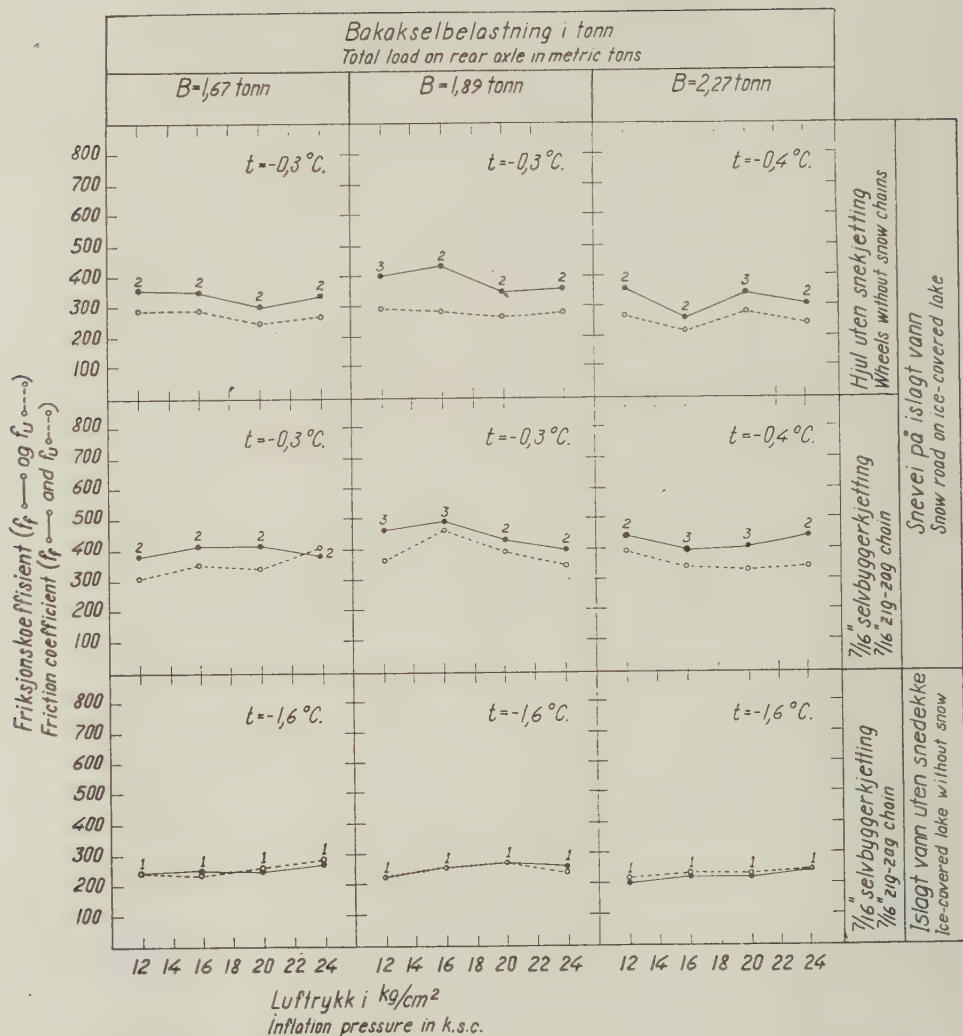


Fig. 81. Friksjonskoeffisient før sluring (f_f) og under sluring (f_u) under kjøring med Ferguson på islagt vann. Materialet er ikke utjevnet.
Friction coefficient before slipping (f_f) and during slipping (f_u) while driving with Ferguson tractor on ice-covered lake. Curves not smoothed.

på isbane. På snepakket vei er derimot friksjonskoeffisienten noe høyere, nemlig $f_f \sim 450\text{--}550$ kg pr. tonn og $f_u \sim 400\text{--}500$ kg pr. tonn. Med snekjettinger ser man at friksjonskoeffisienten øker betydelig, særlig på sneveiene. Det samme er tilfelle med halvbelter. Snekettinger med runde tverrlinker, eller halvbelter uten

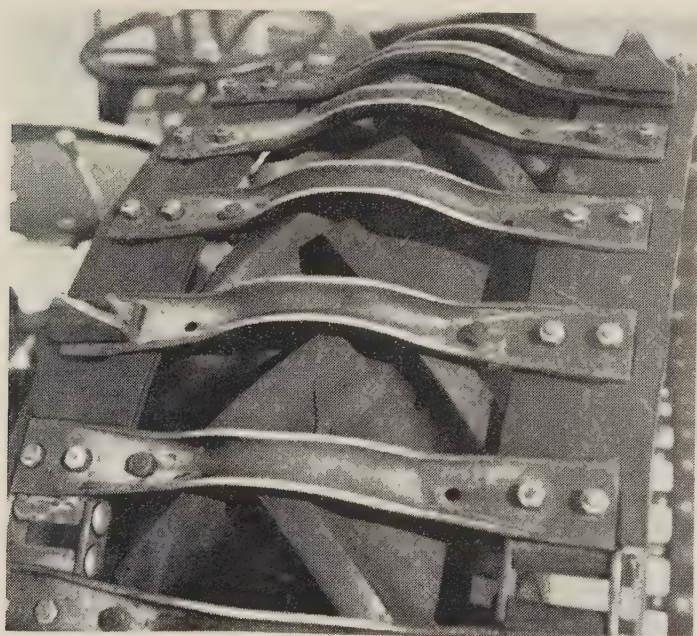


Fig. 82. Bombardier halvbelter med isbrodder.
Bombardier half-tracks with barbed shoes.

ekstra gripejern, har imidlertid forholdsvis lav friksjonskoeffisient på isbane. Ved å anvende gode gripekjettinger, f. eks. broddkjetting, og i særdeleshet hesteskokjetting, oppnår man en meget god gripeevne også på rene isveier, nemlig $f_t \sim 450\text{--}550$ kg/tonn for broddkjettingens vedkommende og $f_t \sim 850\text{--}900$ kg/tonn for hesteskokjettingen. Når halvbeltene utstyres med isbrodder (fig. 82), øker friksjonskoeffisienten betydelig, men det beste resultat oppnår man ved å montere griperibber på halvbeltene, da friksjonskoeffisienten på isbane før totalsluring var $f_t \sim 500\text{--}800$ kg/tonn.

Det viktigste resultat av disse forberedende forsøk var at det er mulig å øke gummi hjulenes friksjonskoeffisienter i vesentlig grad ved å utstyre dem med gode gripekjettinger eller halvbelter med sneribber. Av fig. 79—81 ser man dessuten at belastningen på de drivende hjul kan ha betydning for friksjonskoeffisienten.

Foran har vi sett at på friksjonsjordarter øker friksjonskoeffisienten til et maksimum ved 30—60 % sluring, hvorefter den avtar igjen (fig. 78 b). HUBENDICK (1943) har forklart dette forhold ved å skille mellom hvilefriksjon og glidefriksjon. La oss

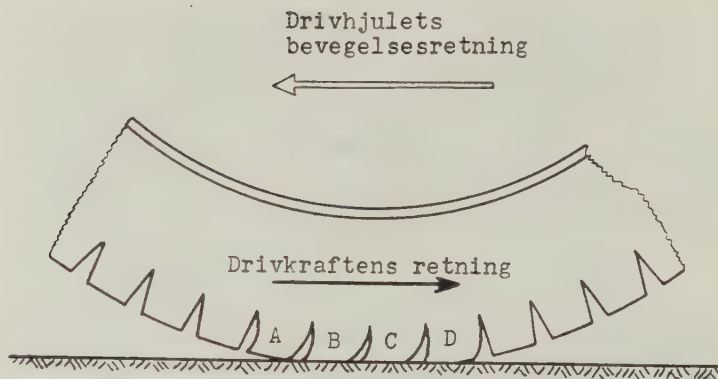


Fig. 83.

først anta at vi kjører på en fast veibane av en slik beskaffenhet at hjulene ikke slurer mot underlaget. Når trekraften og dermed påkjenningene på gummi-hjulet øker, vil gummiribbene gi elastisk etter. (Se fig. 83, ribbene A, B, C og D). Så snart ribbene har passert hjulsenteret, løftes de opp fra bakken på hjulets baksida og inntar elastisk sin opprinnelige fasong. Hjulet vil derfor gå noe fortere rundt enn det som tilsvarende direkte avrulling. Vi får for så vidt en økende sluring med økende trekkraft på grunn av deformasjoner i gummi-hjulet. Det samme gjør seg gjeldende for hjul påmontert halvbelter, men her får vi også en økning i sluringen på grunn av elastiske deformasjoner i halvbeltene. Friksjonen mellom drivende hjul og underlag før hjulene begynner å gli eller slure kan kalles hvilefriksjon. Fig. 84 viser hvorledes slureprosenten øker med trekkraften under hvilefriksjon på grunn av deformasjoner i hjulet.

Vanligvis vil imidlertid underlaget gi etter, så hjulene slurer eller glir på grunn av trekkraften. På friksjonsjordarter vil trekkraften avta med økende sluring, hvis det ikke opptrer noen deformasjoner i de drivende hjul. (Se fig. 84). Denne del av friksjonen som skal til for å overvinne trekkraften kan kalles glidefriksjon (se fig. 84). Det samme viser seg å være tilfelle under kjøring på snepakket vei kaldere enn 0°C .

Under kjøring med gummi-hjul eller halvbelter på friksjonsjordarter og snepakket veidekke vil derfor trekkraften, eller friksjonskoeffisienten, øke etter hvert som sluringen øker, fordi de elastiske deformasjoner i hjulet øker. Ved et visst punkt er hvilefriksjonskoeffisienten like stor som glidefriksjonskoeffisienten, og

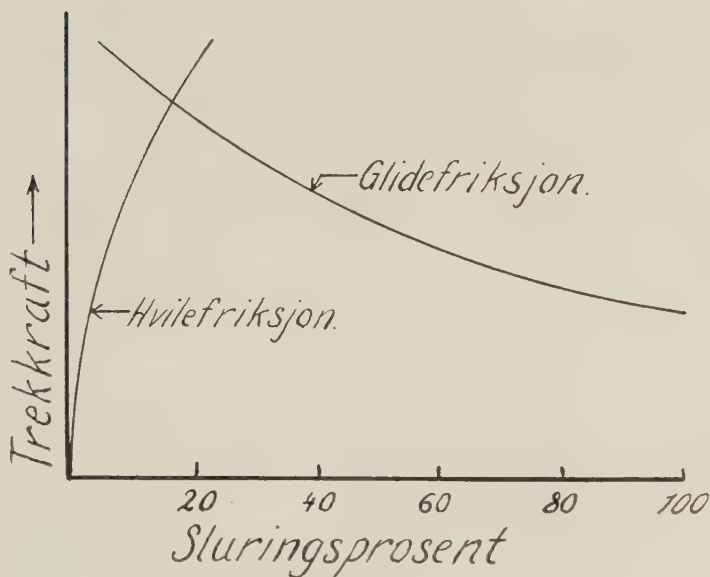


Fig. 84.

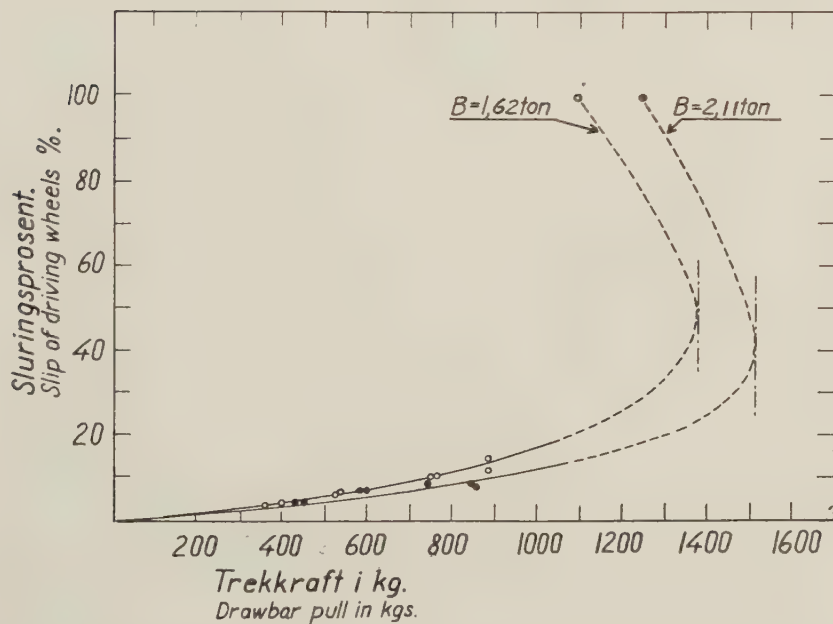


Fig. 85. Sluringsprosent for Ferguson på snepakket vei. Halvbelter med griperibber. Snetemperatur $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$.

Percentage slip of driving wheels for Ferguson tractor on compact snow-road. Half-tracks with gripping shoes. Snow temperature -3 to -5°C .

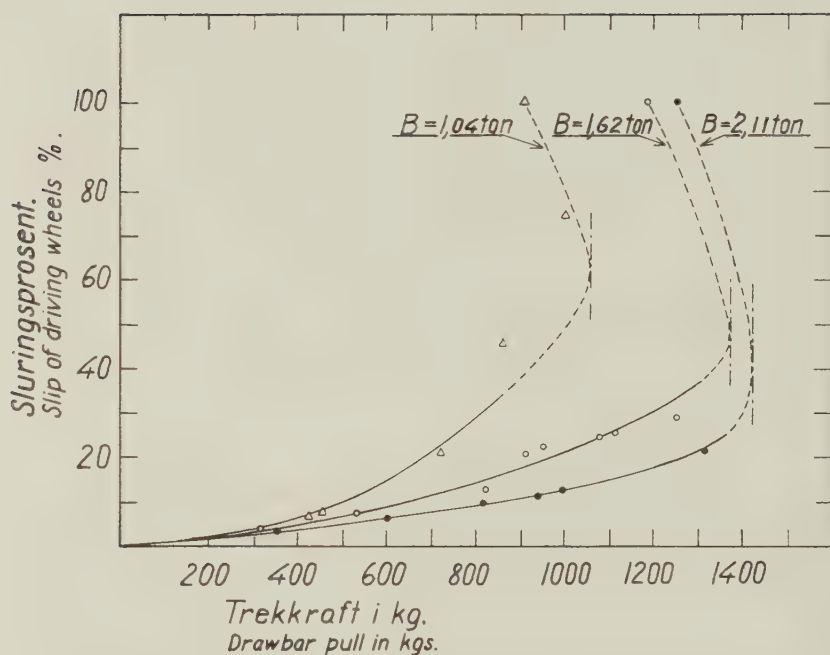


Fig. 86. Sluringsprosent for Ferguson på snepakket vei. Halvbelter med griperibber. Snetemperatur $\div 5$ til $\div 10^{\circ}\text{C}$.

Percentage slip of driving wheels for Ferguson tractor on compact snow-road. Half-tracks with gripping shoes. Snow temperature — 5 to -10°C .

hjulene begynner å miste taket i underlaget. Ved denne sluring har vi den maksimale trekraft og den maksimale friksjonskoeffisient. En økende sluring ut over dette punkt muliggjøres ved at hjulene glir mot underlaget, og da synker trekraften eller friksjonskoeffisienten igjen.

I praksis er ikke sammenhengen mellom sluring og friksjon så skjematisk som jeg her har beskrevet. I virkeligheten forekommer det en del glidefriksjon samtidig med de elastiske hjuldeformasjoner, og en viss hjuldeformasjonsluring også etter at hjulene har begynt å slure vesentlig mot underlaget. Derfor blir kurvene avrundet, og maksimumspunktet inntrer senere enn skjæringspunktet mellom hvilefriksjonskurven og glidefriksjonskurven.

Vi undersøkte forholdet for Fergusontraktor med halvbelter på en snepakket vei med snetemperatur $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$ (fig. 85) og $\div 10^{\circ}\text{C}$ (fig. 86). Halvbeltene var utstyrt med griperibber. I diagrammene er trekraften avsatt på abscisseaksen og sluringspro-

senten på ordinataksen. Man ser at sluringen øker med økende trekkraft inntil ca. 30—60% sluring, hvorefter trekkraften synker igjen for å holde seg konstant ved 100% sluring. Dette gjør at tilstanden ved maksimal trekkraft før total sluring er labil, idet en liten økning utover denne trekkraft fremkaller rask sluring, fordi trekkmotstanden er vesentlig større enn trekkraften under 100% sluring. I slike tilfelle må man øyeblikkelig redusere motorkraften (ved utkobling eller mindre gasstilførsel) for å hindre at hjulene graver seg ned i veibanen.

Trekkraftens (eller friksjonskoeffisientens) maksimumspunkt opptrer ved større sluring jo lavere bakakselbelastningen er. Videre ser man at for en og samme trekkraft øker sluringen med avtagende bakakselbelastning. Disse forhold skyldes dels at hjuldeformasjonene avtar med økende belastning, da belastningen hindrer hjulribbene i å glippe over knastene på beltenes innside. Men delvis skyldes det også at den økende belastning presser belteribbene bedre inn i snedekket, så de får bedre tak og sluringen avtar. Ved å sammenligne fig. 85 med fig. 86 ser man at sluringen i dette tilfelle avtar med synkende temperatur. Den synkende snetemperatur forårsaker nemlig større holdfasthet i snedekket, slik at det tåler større påkjenning fra belteribbene uten at beltet begynner å slure.

Når det gjelder å finne den trekkraft traktoren har på grunn av friksjonsforholdene mellom drivende hjul eller belter og snebane, er det særlig to friksjonskoeffisienter som interesserer, nemlig friksjonskoeffisienten ved delvis sluring (f_t) (her kalt friksjonskoeffisienten før sluring) samt friksjonskoeffisienten ved total-sluring (f_u) (her kalt friksjonskoeffisienten under sluring). Dette forhold ble nærmere undersøkt av ZIPKES (1944). Han fant at man kan skille mellom tre slags friksjonskoeffisienter (se fig. 87). Først har vi friksjonskoeffisienten før hjulene slurer mot underlaget, men hvor det forekommer en viss sluring på grunn av elastiske deformasjoner i hjulet (f_i). Når hjul eller belter begynner å gli eller miste taket i underlaget, kan man skille ut to faser. I fase I begynner hjulene å glippe uten at det opptrer fullstendig deformasjon av underlaget. Friksjonskoeffisienten under denne del av sluringen (f_{uI}) er noe mindre enn før hjulene slurer eller mister taket i underlaget. Denne fase følges umiddelbart av fase II, da materialet i veibanen bryter sammen og det opptrer total sluring. Under kjøring med gummihjul på fast og tørr veibane, f. eks. asfaltvei, skyldes

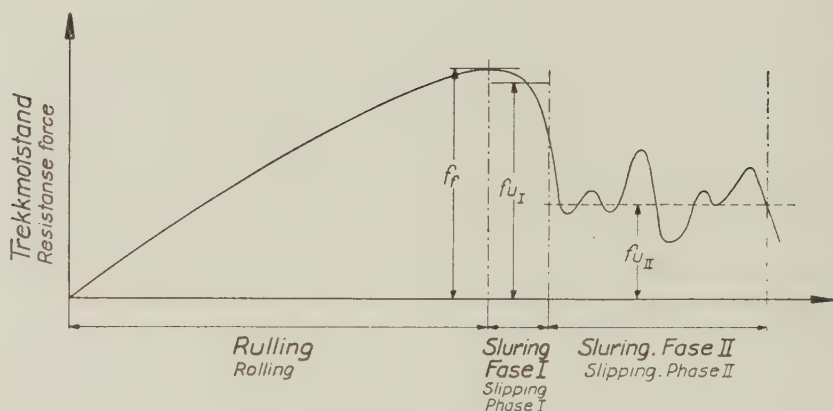


Fig. 87. Friksjon mellom drivhjul og underlag. Friksjonskoeffisientens variasjon med trekkmotstanden (etter ZIPKES 1944). f_f = friksjonskoeffisient under rulling. f_{uI} = friksjonskoeffisient under sluring, fase I. f_{uII} = friksjonskoeffisient under sluring, fase II. Fase I = Uforandret materiale i hjul eller underlag. Fase II = Materialet i hjul eller underlag forandres.

Friction between driving wheels and road. Variation of friction coefficient with the resistance (according to Zipkes 1944). f_f = friction coefficient during rolling. f_{uI} = friction coefficient during slipping, phase I. f_{uII} = friction coefficient during slipping, phase II. Phase I = The material in wheels and road remains unaltered. Phase II = The material in wheels and road is altered.

dette at friksjonsarbeidet overføres til varme, og når materialets kritiske temperatur er nådd, bryter det sammen, eller smelter så det blir total sluring. Det samme er tilfelle under kjøring med gummi-hjul på fast snebane eller isbane. I dette tilfelle fremkaller friksjonsvarmen smelting, så det delvis blir væskefriksjon når den kritiske temperatur (0°C) er nådd. Av dette vil man innse, at det skal større friksjonsvarme til for å nå den kritiske temperatur jo kaldere snedekket er. Friksjonskoeffisienten er derfor høyere jo lavere veidekkets temperatur er.

Er hjulene utstyrt med gode snekjettinger eller halvbelter, er holdfastheten i veidekket avgjørende for i hvilken grad det bryter sammen under gripejernene, slik at det opptrer total sluring i fase II. Når gripejernene blir presset ned og får godt tak i underlaget, har man målt friksjonskoeffisienter før sluring (f_t) på over 1000 kg pr. tonn. (HUBENDICK 1943). Det opptrer ikke ren glidning, men materialet knuses bak gripejernene under sluringen. For så vidt ville det derfor under slike forhold være mer logisk å bruke beteg-

nelsen gripekoeffisient i stedet for friksjonskoeffisient. PREUSCHEN (1951) har anvendt dette resonnement til å beregne friksjonskraften for gummi-hjul i løs jord. Den horisontalkraft som skal til for å holde igjen hjulene mot sluring, har han søkt å finne ved å multiplisere jordartens bruddfasthet med kontaktarealet mot hjulribbenes bakside.

Hjulribbene eller griperibbene øver imidlertid påkjenning på vei-banen både på grunn av vekten på de drivende hjul og på grunn av trekraften. (Se fig. 88). Under hver griperibbe blir det derfor en vertikal komponent ifølge akseltrykket og en horisontal komponent ifølge trekraften, og når resultanten av de to komponentkrefter blir like store som snedekkets bruddfasthet, vil hjulene slure. Før sluring inntreffer vil dette uten videre være tilfelle. Så snart snedekkets bruddfasthet er nådd og drivhjulene eller beltene begynner å slure, vil friksjonsarbeidets varme og støtvirkning mellom ribber og snedekke bidra til å lette knusingen av materialet.

Hvor vidt det er den kritiske temperatur eller materialets holdfasthet mot knusing som er avgjørende for om det opptrer total sluring, vil i første rekke avhenge av hjul, belte og ribbe-konstruksjon. I de fleste tilfelle skyldes sluringen en kombinasjon av de to nevnte årsaker. Den totale sluring medfører i begge tilfelle vanligvis en vesentlig senking av friksjonskoeffisienten under fase II (fig. 87). Da det i praksis er meget vanskelig å skjelne mellom fase I og fase II under kjøring på snepakket vei, særlig fordi tilstanden ved den største friksjonskoeffisient før sluring (f_i) er labil, er det først og fremst forskjellen mellom friksjonskoeffisienten før sluring, f_i , og under sluring, f_u , (egentlig f_{uII}), som har betydning. ZIPKES (1944) innførte et nytt begrep, *sluringskoeffisienten* (sl), som betegner forskjellen mellom de to friksjonskoeffisienter. Sluringskoeffisienten er friksjonskoeffisienten under sluring angitt i prosent av friksjonskoeffisienten før sluring:

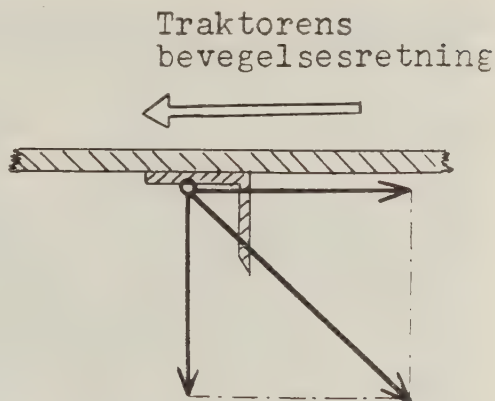


Fig. 88.



Fig. 89. Måling av friksjonskoeffisienter.
Measurement of friction coefficients.

$$sl = \frac{f_u \cdot 100}{f_f} \%$$

Sluringskoeffisienten har stor interesse, i det den kan betraktes som en sikkerhetsfaktor for friksjonskoeffisienten under sluring.

Tidligere undersøkelser tyder på at hastigheten kan øve en viss innflytelse på friksjonskoeffisienten. ANDERSSON og LUNDBERG (1931) fant således en liten tendens til økning av friksjonskoeffisienten under kjøring på fast snevei, men på isvei fant de ingen endring av friksjonskoeffisienten med hastigheten. HUBENDICK (1943) referer en rekke forsøk. I noen av dem er det en tendens til økning av friksjonskoeffisienten med hastigheten, i andre tilfelle synker friksjonskoeffisienten. Hubendick konkluderer med at når hastigheten er mindre enn 20 km/time (traktorens vanlige hastighetsområde), er friksjonskoeffisientens variasjon med hastigheten så liten at den ikke har noen betydning.

For å undersøke størrelsen av friksjonskoeffisienten før og under total sluring, gjennomførte vi en rekke forsøk på snepakket vei.

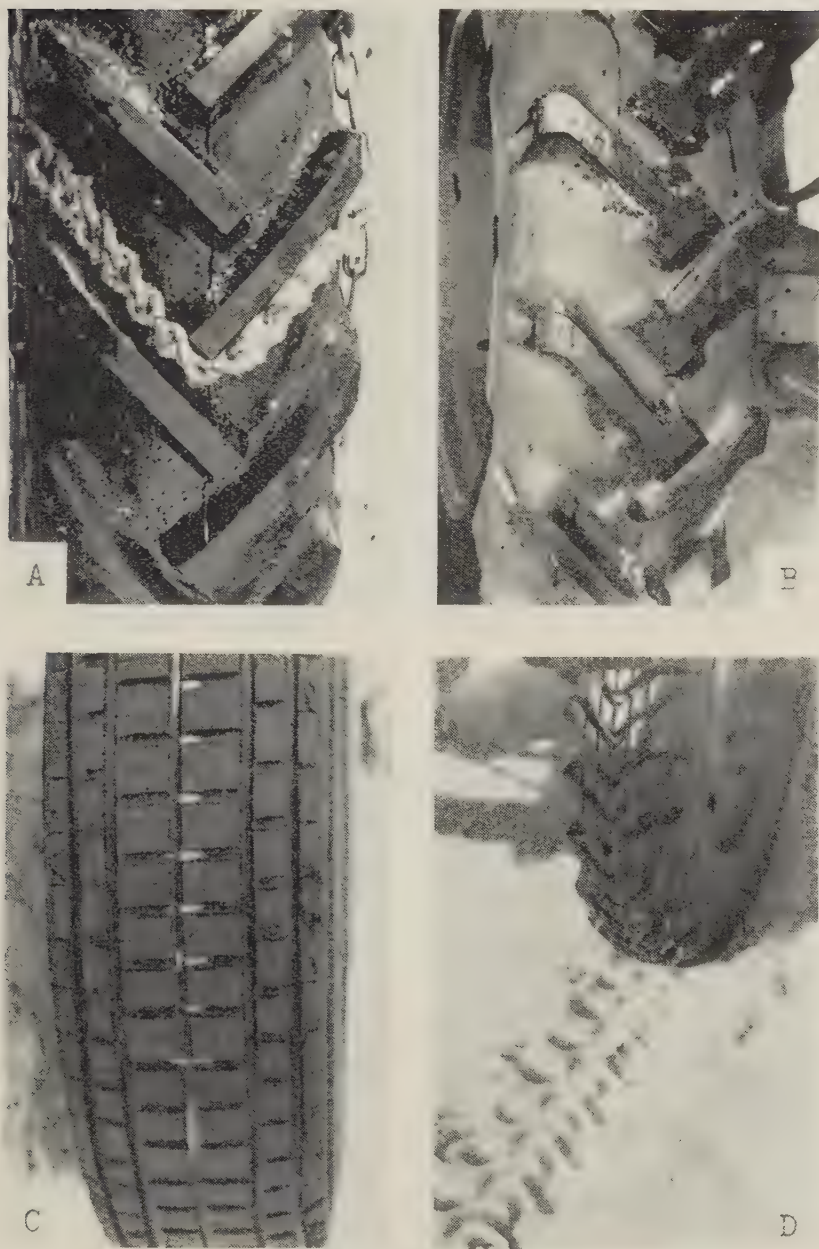


Fig. 90. A. Good Year. Open centre tread. 10—28.
B. Continental. Open centre AS-T4. 11—28.
C. Snemønster. 10—28.
Snow design. 10—28.
D. Continental AS-Special. 6.50—20.

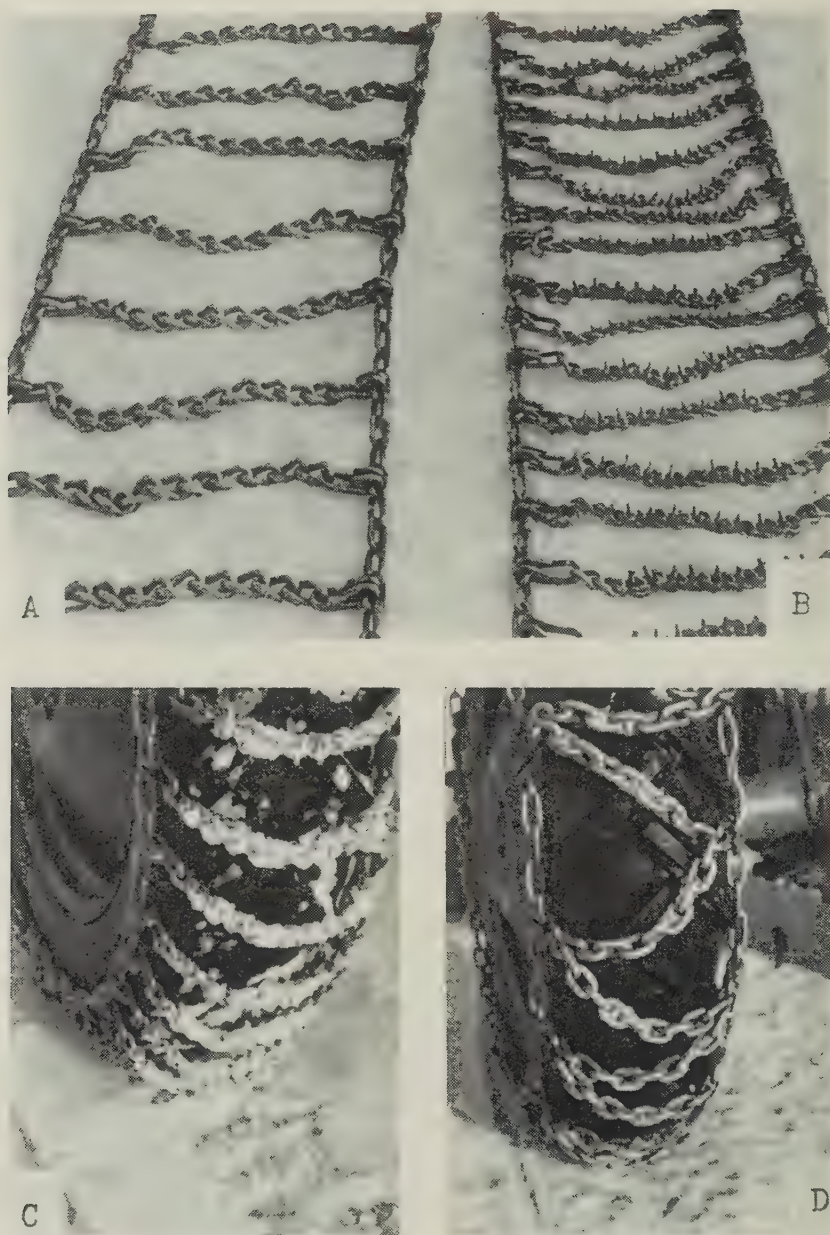


Fig. 91. A. Vridd $3/8''$ tverrkjetting.
 $3/8''$ short-link chain.
 B. 7 mm broddkjetting.
 7 mm barbed short link chain.
 C. Vridd $3/8''$ tverrkjetting.
 $3/8''$ short link chain.
 D. $7/16''$ selbyggerkjetting.
 $7/16''$ zig-zag chain.

(Fig. 89). Forsøkene ble gjennomført med gummihjul med forskjellig mønster (fig. 90) og forskjellige kjettingtyper (fig. 38 og 91). Dessuten brukte vi forskjellige typer halvbelter. (fig. 39, 42 og 82 for Ferguson, fig. 40 for David Brown og fig. 41 for Bolinder Munktell).

For halvbeltetraktorene Ferguson (med og uten griperibber) og David Brown varierte friksjonskoeffisienten med snetemperatur og bakakselbelastning (iberegnet mellomhjulenes akseltrykk) på følgende måte:

Ferguson med standard ribber (fig. 39):

$$f_t = \div 2,23 \cdot t^2 \div 11,2 \cdot t \cdot B \div 218,7 \cdot B + 1109 \quad (7)$$

$$f_u = \div 5,58 \cdot t^2 \div 34,8 \cdot t \cdot B \div 310,5 \cdot B + 1063 \quad (8)$$

Ferguson med griperibber (fig. 42):

$$f_t = 1,84 \cdot t^2 \div 17,5 \cdot t \cdot B \div 492,4 \cdot B + 1580 \quad (9)$$

$$f_u = \div 3,13 \cdot t^2 \div 21,8 \cdot t \cdot B \div 430,1 \cdot B + 1360 \quad (10)$$

David Brown (fig. 40):

$$f_t = 3,12 \cdot t^2 \div 11,9 \cdot t \cdot B \div 91,0 \cdot B + 998 \quad (11)$$

$$f_u = \div 2,69 \cdot t^2 \div 11,7 \cdot t \cdot B \div 112,7 \cdot B + 980 \quad (12)$$

Resultatet av materialets numeriske utjevning fremgår av tabell XXI, og i fig. IX er materialets spredning omkring funksjonene fremstillet grafisk. Av tabellen og figurene fremgår at utjevningen er lykkes ganske godt, idet det er en høy korrelasjon mellom funksjonene og de observerte friksjonskoeffisienter, samtidig som materialets spredning omkring funksjonene er meget liten.

Friksjonskoeffisientene er regnet ut på grunnlag av de utjevnete funksjoner, og verdiene er fremstillet grafisk i romdiagrammene, fig. 92—97. I tabell 7 er friksjonskoeffisientene før sluring oppgitt, samt de tilsvarende sluringskoeffisienter.

Av figurene og tabellen ser man at friksjonskoeffisienten (i kg pr. tonn av bakakselbelastningen) for det meste synker med økende bakakselbelastning. Årsaken er at beltesluringen vesentlig inntreffer ved knusing av snedekket bak belteribbene. Dette sees bl. a. av fig. 98, som viser et typisk slurespor på snepakket vei for halvbelter med sneribber. Da belteribbenes trykk mot snedekket dels skyldes traktorens vekt og dels trekraften (fig. 88), vil en økning av

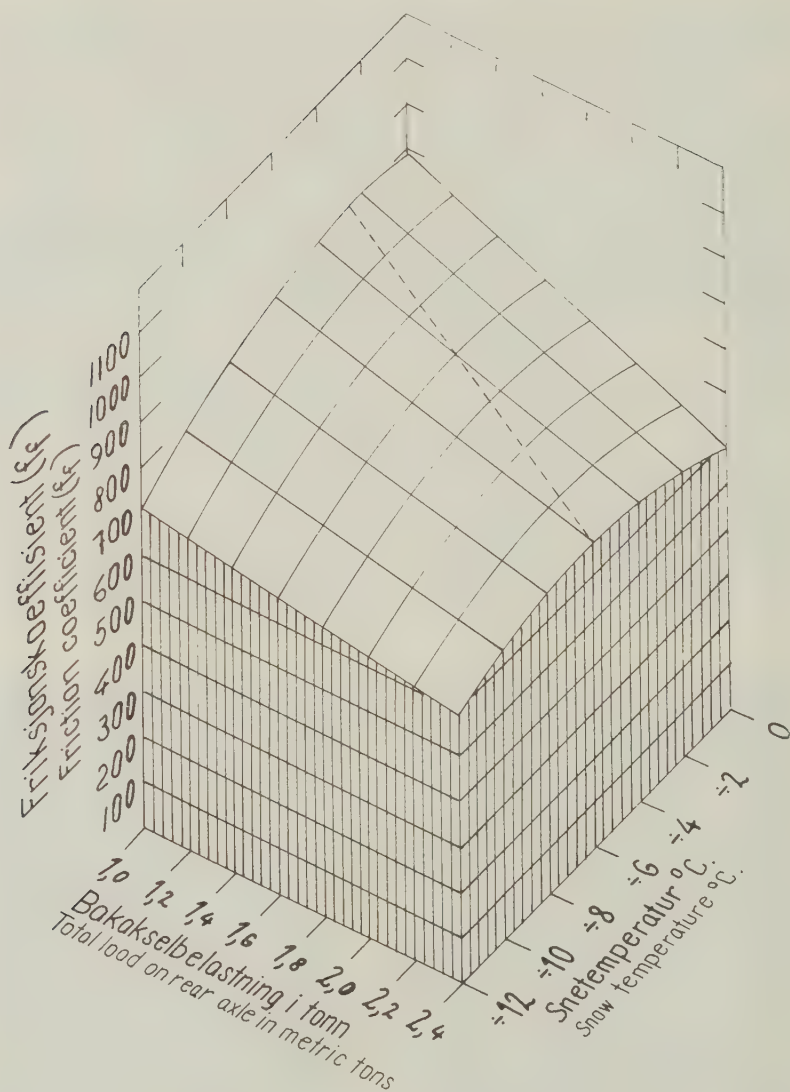


Fig. 92. Friksjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og snetemperatur. Friksjonskoeffisient før sluring. Bombardier halvbelter med flyteribber.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and snow temperature. Friction coefficient before slipping. Bombardier half-tracks with bearing shoes.

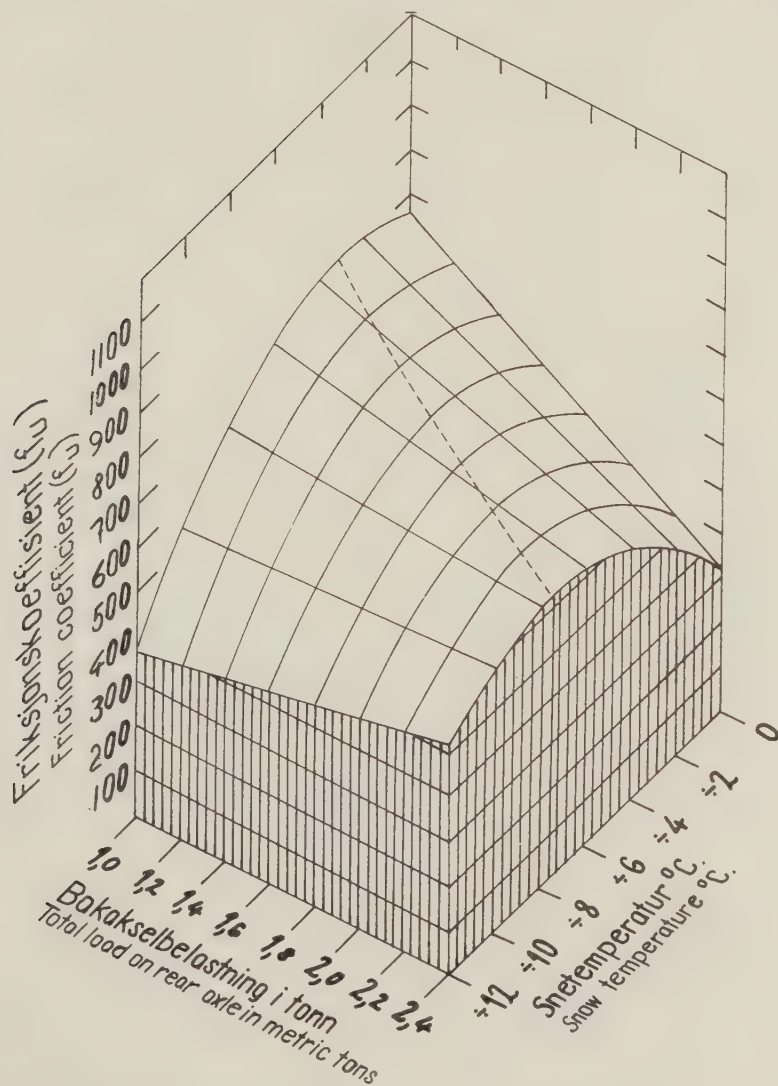


Fig. 93. Friksjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og snetemperatur. Friksjonskoeffisient under sluring. Bombardier halvbelter med flyteribber.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and snow-temperature. Friction coefficient during slipping. Bombardier half-tracks with bearing shoes.

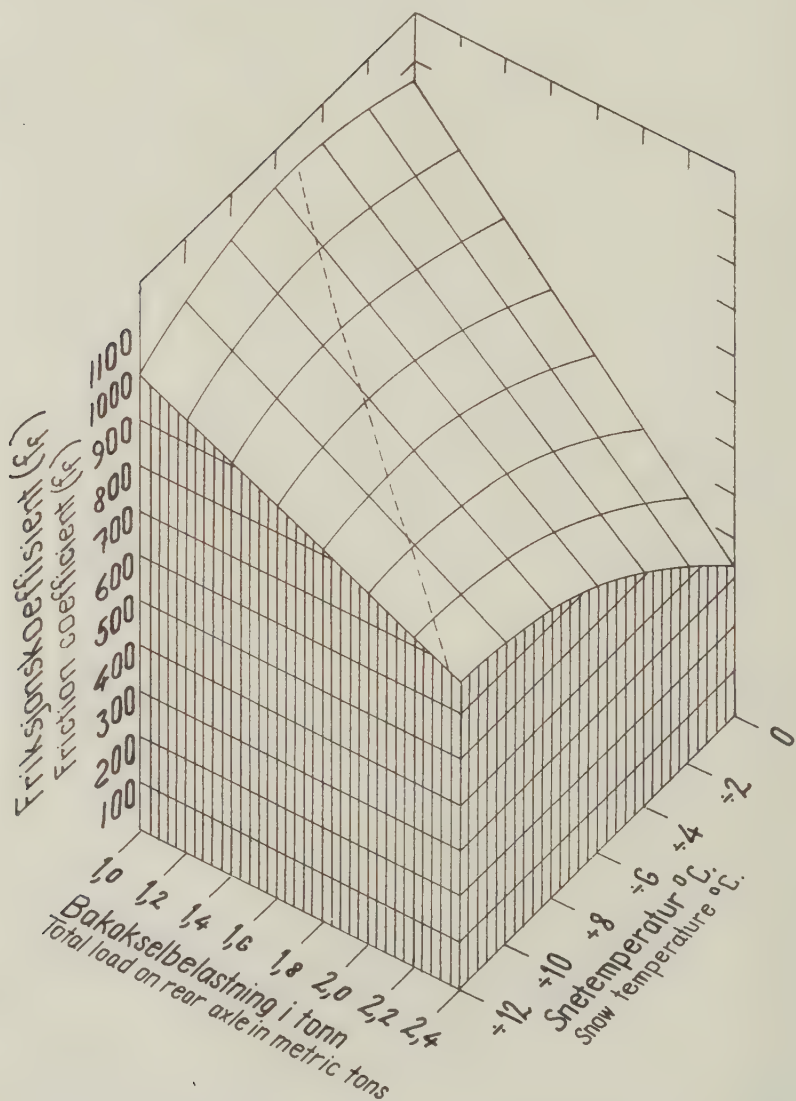


Fig. 94. Friksjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og snetemperatur. Friksjonskoeffisient før sluring. Bombardier halvbelter med griperibber.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and snow temperature. Friction coefficient before slipping. Bombardier half-tracks with gripping shoes.

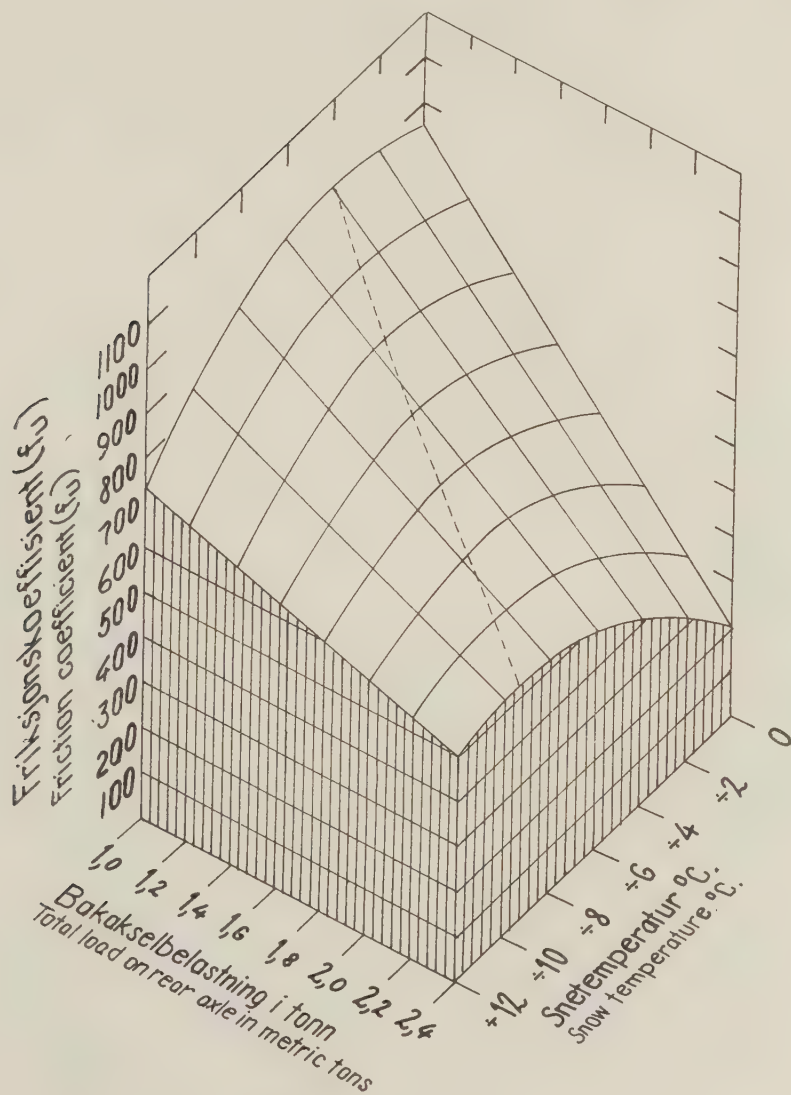


Fig. 95. Friksjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og snetemperatur. Friksjonskoeffisient under sluring. Bombardier halvbelter med griperibber.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and snow temperature. Friction coefficient during slipping. Bombardier half-tracks with gripping shoes.

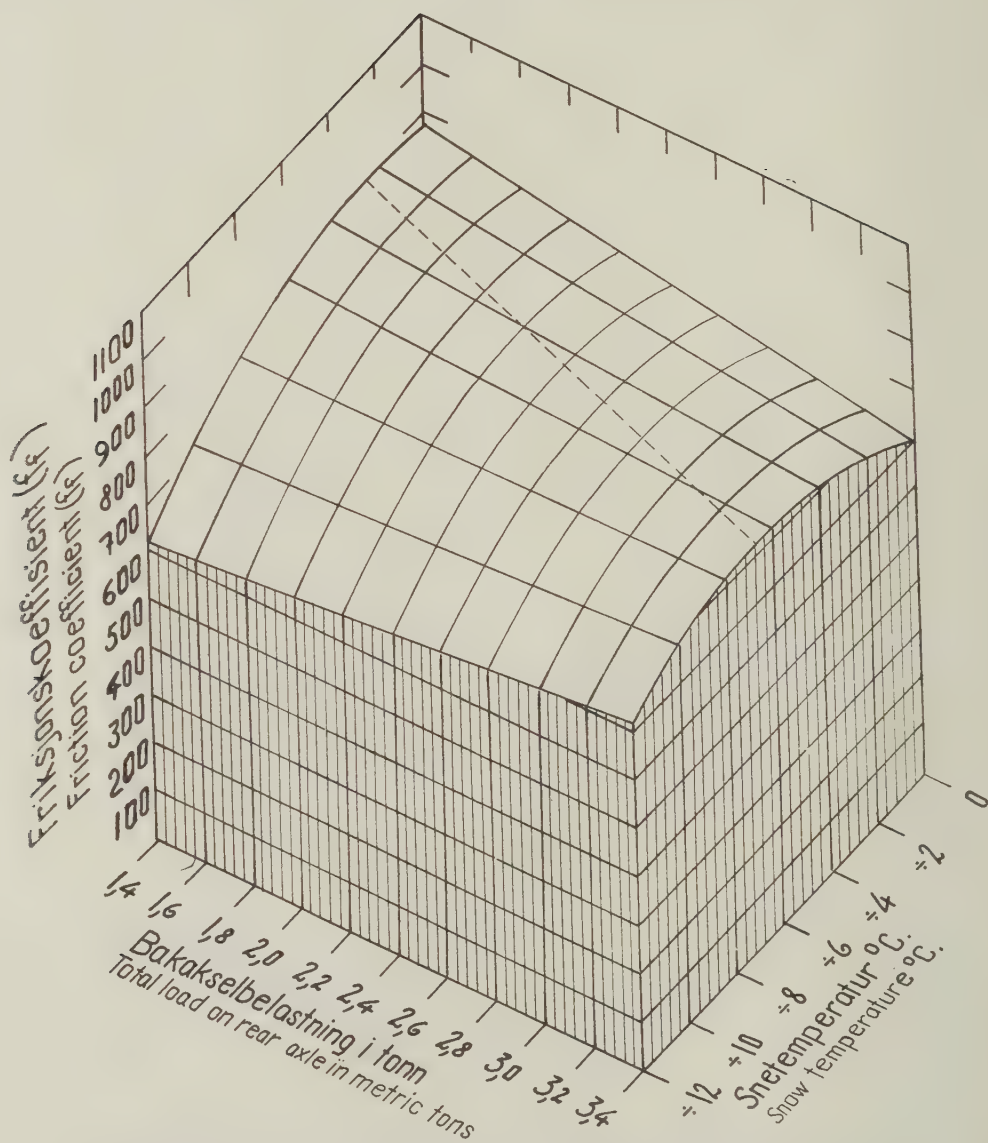


Fig. 96. Frikjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og snetemperatur. Frikjonskoeffisient før sluring. Halvbelter for David Brown.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and snow temperature. Friction coefficient before slipping. Half-tracks on David Brown.

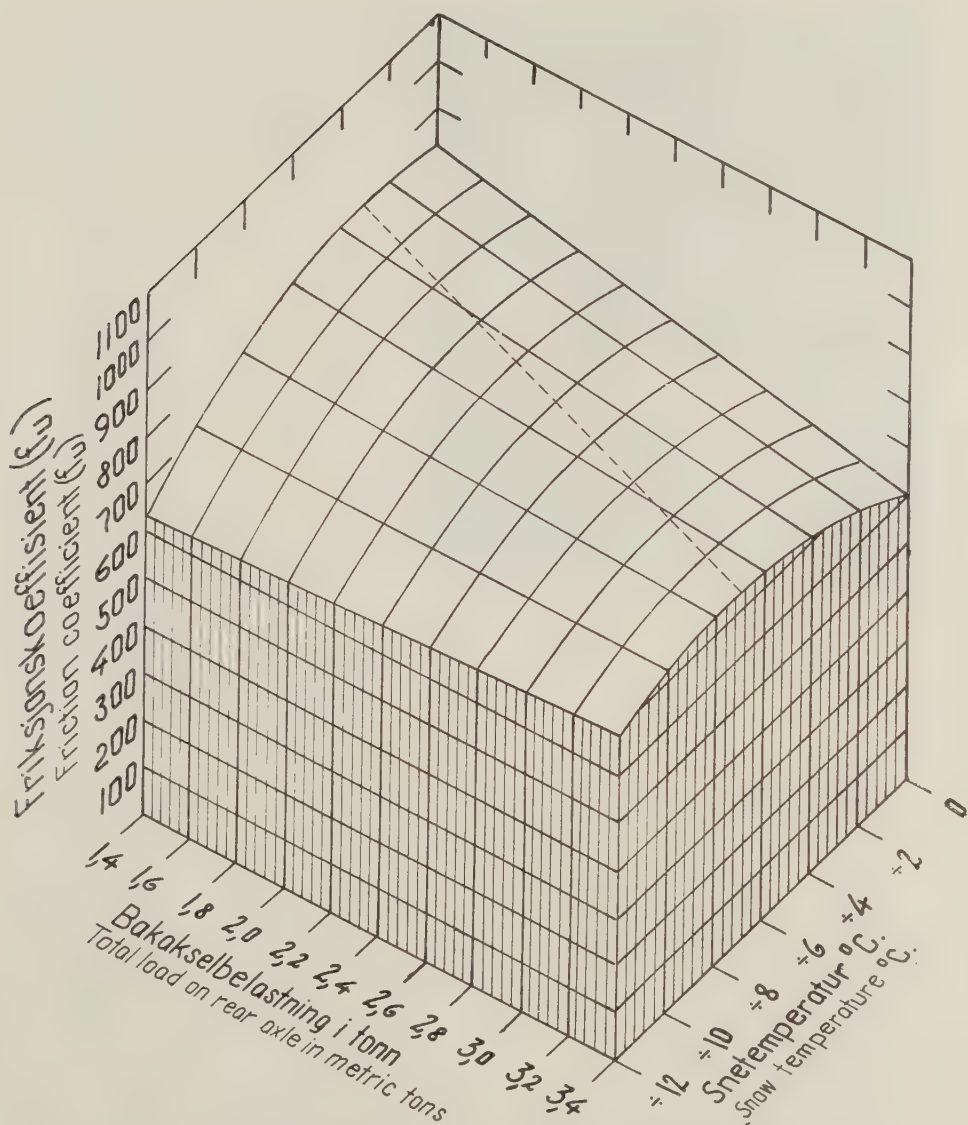


Fig. 97. Friksjonskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og sne-temperatur. Friksjonskoeffisient under sluring. Halvbelter på David Brown.

Variation of friction coefficient with the total load on rear axle and the snow temperature. Friction coefficient during slipping. Half-tracks on David Brown.



Fig. 98. Slurespor etter Bombardier halvbelter med griperibber.

Slipping tracks caused by Bombardier half-tracks with gripping shoes.

bakakselbelastningen føre til en avtagende friksjonskoeffisient før beltet slurer eller under 100 % sluring. Tabell 8 som er utregnet ved hjelp av de funne friksjonskoeffisienter og bakakselbelastningen, viser at trekkraften øker med bakakselbelastningen. Dette kommer av at belastningen virker pakkende på den sne som brytes løs under sluringen, hvilket på sin side øker friksjonsarbeidet. På grunn av den avtagende friksjonskoeffisient er imidlertid trekkraftøkningen ikke så stor som belastningsøkningen skulle tilsi.

Jo kaldere snedekket er, dess mindre synker friksjonskoeffisienten med økende bakakselbelastning. På meget kald vei fant vi endog en økning av friksjonskoeffisienten med belastningen i noen tilfelle. Dette gjaldt friksjonskoeffisienten under 100 % sluring for Fergusons halvbelter med standardribber (fig. 93) og friksjonskoeffisientene for David Browns halvbelter (fig. 96 og 97). Årsaken til dette forhold er at snedekketts bruddfasthet øker med synkende temperatur (se fig. 59).

Av figurene 92—97 ser man at når snetemperaturen avtar, øker friksjonskoeffisienten til et visst maksimumspunkt, hvorefter den synker igjen. Jo kaldere snedekket er, dess større er dets bruddfasthet, hvorfor friksjonskoeffisienten øker. Når snetemperaturen er tilstrekkelig lav, blir imidlertid snedekket så hardt at belteribbene ikke får ordentlig tak. Derfor avtar friksjonskoeffisienten når temperaturen synker ut over dette punkt. Resonnementet fører til at friksjonskoeffisientenes maksimumspunkter opptrer ved lavere temperatur, eller ved hardere snedekke, jo større bakaksel-

belastningen er. At det er tilfelle, sees direkte av figurene 92—97. For å undersøke forholdet nærmere, kan vi derivere formlene (7) — (12) partielt med hensyn på snetemperaturen. Da fremkommer friksjonskoeffisientens maksimumsverdi når den første deriverte er 0 og den annen deriverte negativ.

$$\frac{\partial f_f}{\partial t} = \div 4,46 \cdot t \div 11,2 \cdot B$$

$$\frac{\partial^2 f_f}{\partial t^2} = 4,46$$

$$\frac{\partial f_f}{\partial t} = 0 \text{ når:}$$

$$t = \div 2,51 \cdot B \quad (13)$$

På samme måte kan vi finne de temperaturer som gir maksimale friksjonskoeffisienter for de øvrige alternativer:

Ferguson med standard ribber under sluring:

$$t = \div 3,12 \cdot B \quad (14)$$

Ferguson med griperibber før sluring:

$$t = \div 4,76 \cdot B \quad (15)$$

Ferguson med griperibber under sluring:

$$t = \div 3,48 \cdot B \quad (16)$$

David Brown før sluring:

$$t = \div 1,90 \cdot B \quad (17)$$

David Brown under sluring:

$$t = \div 2,18 \cdot B \quad (18)$$

På grunnlag av formlene (13) — (18) har jeg regnet ut snetemperaturen for størst mulig friksjonskoeffisient ved forskjellige bakakselbelastninger. Temperaturene er sammenstillet i tabell 9, hvor de tilsvarende friksjonskoeffisienter også er oppgitt. Man ser at maksimal friksjonskoeffisient opptrer ved lavere temperatur jo høyere bakakselbelastningen er. Dette gjelder både friksjonskoeffisienten før og under 100 % sluring.

Et nærmere studium av romdiagrammene (fig. 92—97) viser at friksjonskoeffisienten vanligvis er 10—30 % lavere under sluring enn før sluring. I tabell 7 har vi oppgitt friksjonskoeffisientene før sluring samt sluringskoeffisientene. Med lave bakakselbelastninger er friksjonskoeffisientene før sluring størst for Fergusons halvbelter med griperibber. Her har vi funnet friksjonskoeffisienter over 1000 kg/tonn av bakakselbelastningen. Dette er rimelig, fordi bakakselbelastningen overføres til et mindre antall ribber, så disse trenger dypere ned i veidekket enn når alle ribber har samme utformning. På den annen side har denne beltekonstruksjon lavere friksjonskoeffisienter før sluring ved høy bakakselbelastning og høy snetemperatur. Under slike forhold blir nemlig påkjenningen større bak griperibbene, enn bak standardribbene samtidig som sneens bruddfasthet er liten. Vi ser imidlertid at sluringskoeffisienten er høyere for Fergusonhalvbelter med griperibber, enn når de bare er utstyrt med standardribber, også ved høy bakakselbelastning og høy snetemperatur. Så snart sneen knuses bak belteribbene og beltene slurer, blir nemlig friksjonsarbeidet størst når de er utstyrt med griperibber, fordi disse virker som skovler og må føre relativt større mengder av oppsmuldret sne med seg under sluringen.

De høyeste sluringskoeffisienter fikk vi for David Browns halvbelter, som består av høye ribber med liten avstand. Ved høy bakakselbelastning har disse halvbelter større trekkraft ifølge beltefriksjon enn Fergusons halvbelter med griperibber (tabell 8). David Browns belter (fig. 40) har imidlertid lett for å klabbe under kjøring i oppsmuldret sne, samtidig som de tett beliggende høye ribber har lettere for å bryte opp den løse sne som pakkes under beltene (se side 411). Da disse forhold inntreffer i vinterens løp under kjøring på en snepakket vei, er det mere fordelaktig å velge en beltekonstruksjon hvor standardribbene er flyteribber som lett slipper sneen, og hvor det er 40—50 cm avstand mellom de skovlformete griperibber (fig. 42).

Da de største belastninger vanligvis ikke er aktuelle når snetemperaturen er i nærheten av 0°C, og da friksjonskoeffisienten ved belter med flyteribber og stor avstand mellom griperibbene vanligvis er tilstrekkelig høy selv for høye bakakselbelastninger på kaldt veidekke, er derfor denne beltekonstruksjon å foretrekke under kjøring på snepakket vei.

Materialet for Bolinder Munktells halvbelter (fig. 41) er ikke

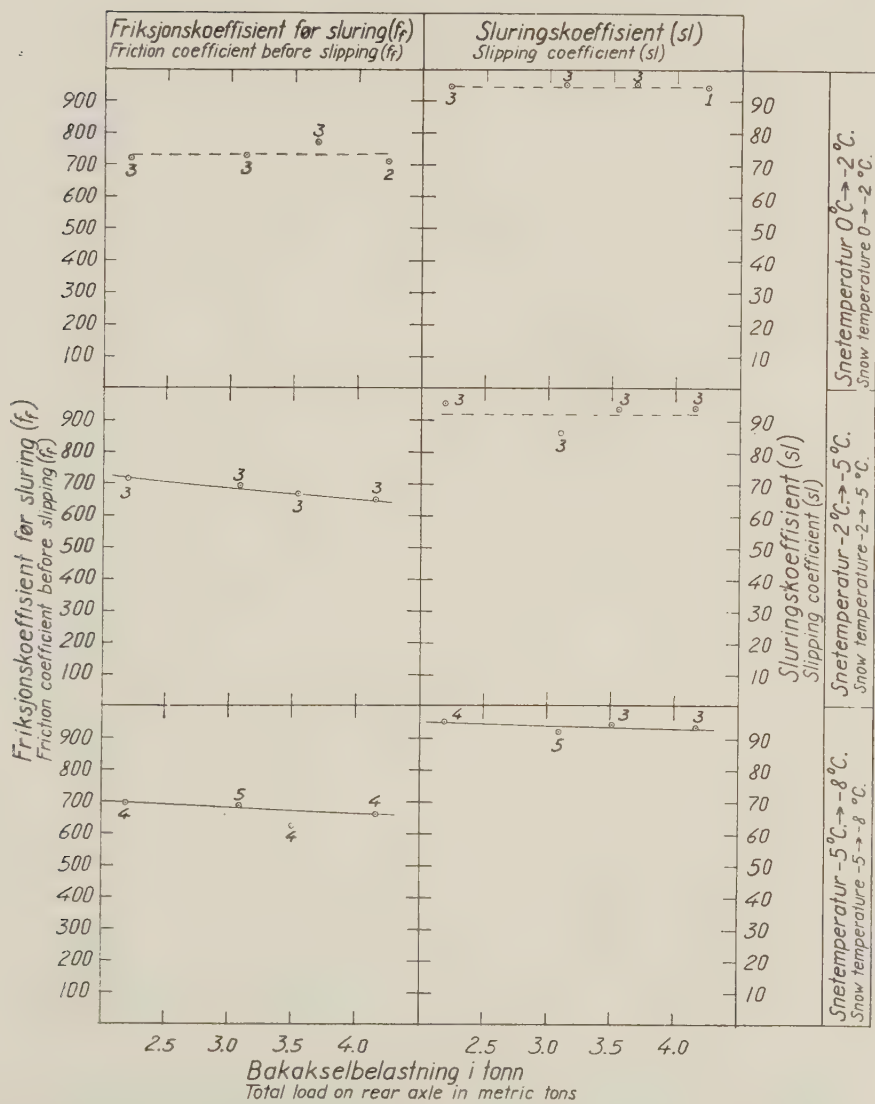


Fig. 99. Frikjonskoeffisient (f_r) og sluringskoeffisient (sl) ved beltene under kjøring med Bolinder Munktell med halvbelter på snepakket vei. 75 % væskefylte dekk.

Friction coefficient (f_r) and slipping coefficient (sl) at the tracks when driving with Bolinder Munktell tractor, with halv-tracks on compact snow-road. The tyres filled 75 % with liquid.

tilstrekkelig stort til å vise sammenhengen mellom temperatur og friksjonskoeffisienter. Vi har derfor bare undersøkt friksjonskoeffisienten (før sluring) og sluringskoeffisientens variasjon med belastningen innen snetemperaturområdene 0 til $\div 2^{\circ}\text{C}$, $\div 2$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$ og $\div 5$ til $\div 8^{\circ}\text{C}$. Av fig. 99 og tabell XXII ser man at så vel friksjonskoeffisienten før sluring som sluringskoeffisienten er praktisk talt uavhengig av bakakselbelastningen (egentlig halvbeltebelastningen) innen det undersøkte belastningsområde. Det er dog en svak tendens til at friksjonskoeffisienten synker med økende belastning, hvis temperaturen er lavere enn $\div 2^{\circ}\text{C}$. Av fig. 41 ser man at belteribbene har forholdsvis stor anleggsflate mot bakken. Dette fører til to motvirkende friksjonsfenomener når sluringen begynner. På den ene side fører knusingen av snedekket bak belteribbene til avtagende friksjonskoeffisient med økende belastning. På den annen side vil en økning av belastningen virke pakkende på den oppsmuldrete sne etter knusingen, hvilket fører til større friksjonsarbeide, eller med andre ord økende friksjonskoeffisient. De to motvirkende forhold gjør at friksjonskoeffisienten varierer lite med belastningen. Av fig. 99 og tabell 10 ser man at friksjonskoeffisienten før sluring er forholdsvis høy, nemlig omkring 700 kg pr. tonn av belastningen. Den er altså vanligvis noe lavere enn for belter med flyte- og griperibber. Vi ser også at friksjonskoeffisienten varierer meget lite innen det undersøkte temperaturområde. Da sluringskoeffisienten på den annen side er meget høy (over 90 %) er disse belter meget godt egnet for kjøring på snepakket vei. Beltene arbeider godt sammen med gummihjulene, idet de er åpne i nærheten av hjulets senterlinje. Ribbenes bæreflater er montert ved dekkets ytterside, så beltet frigjør seg godt for sne på innsiden. Derimot har det lett for å feste seg sne og is på belteribbenes utside, særlig under kjøring i løs sne, og ved temperaturer fra 0 til $\div 5^{\circ}\text{C}$. En beltetype med flyteribber og stor avstand mellom skovlformete griperibber er derfor bedre egnet under snepakking, og ved nysnefall på den snepakkete vei.

Materialet for friksjon mellom gummihjul med eller uten kjetting og snepakket vei er for lite til å gi et fullstendig bilde av snetemperaturens innflytelse. Målingene er utført på snepakket vei med temperatur $\div 2$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Til å begynne med skal vi diskutere forholdet for bakhjulsdrevne traktorer, idet forhjulsdriften er koblet ut for de firehjulsdrevne traktors vedkommende. Resultatet av

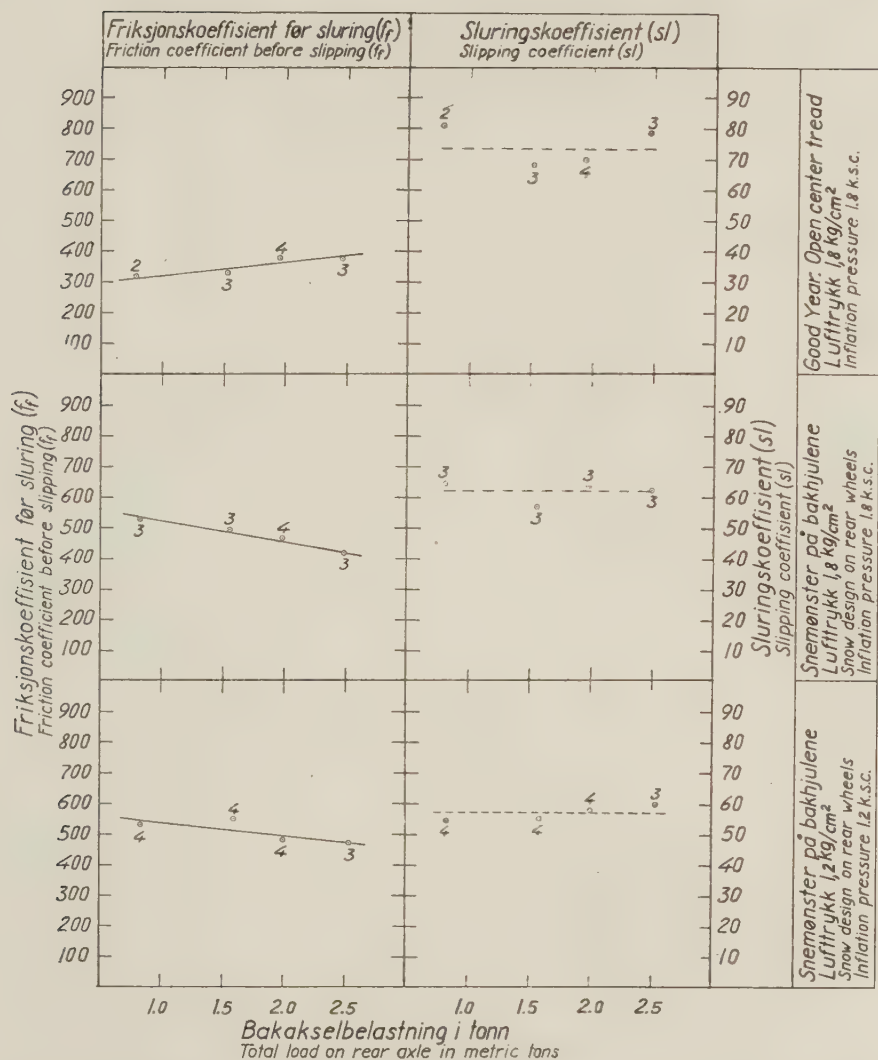


Fig. 100. Frikjonskoeffisient (f_f) og sluringskoeffisient (s_l) ved drivhjulene under kjøring med Ferguson på snepakket vei. Snetemperatur $\div 2$ til $\div 5^\circ\text{C}$.

Friction coefficient (f_f) and slipping coefficient (s_l) at the driving wheels when driving with Ferguson tractor on compact snow-road. Snow temperature $\div 2$ to $\div 5^\circ\text{C}$.

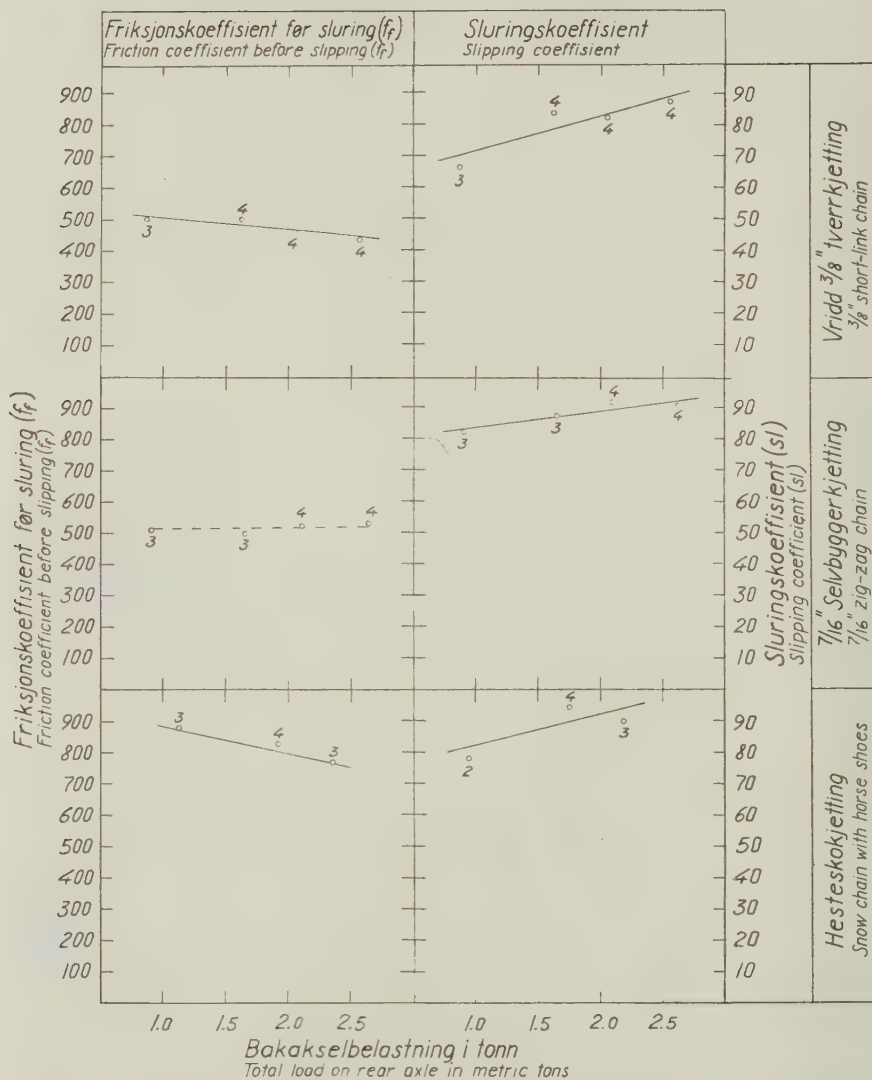


Fig. 101. Friksjonskoeffisient (f_f) og sluringskoeffisient (sl) ved drivhjulene under kjøring med Ferguson på snepakket vei. Snetemperatur $\div 2$ til $\div 5^\circ\text{C}$.

Friction coefficient (f_f) and slipping coefficient (sl) at the driving wheels when driving with Ferguson tractor on compact snow-road. Snow temperature — 2 to — 5°C .

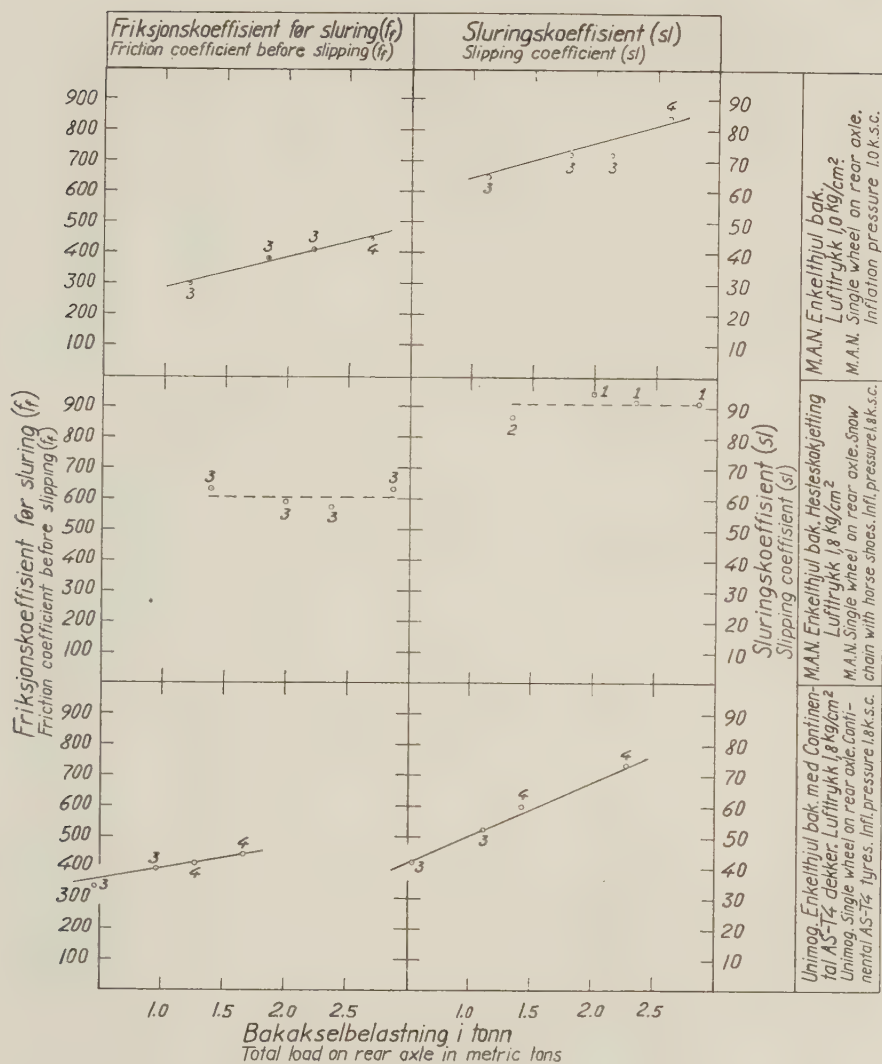


Fig. 102. Friksjonskoeffisient (f_f) og sluringskoeffisient (s_l) ved bakhjulene under kjøring med MAN og Unimog på snepakket vei. Snetemperatur $\div 2$ til $\div 5^\circ\text{C}$.

Friction coefficient (f_f) and slipping coefficient (s_l) at the rear wheels when driving with MAN and Unimog tractors on compact snow-road. Snow temperature — 2 to — 5°C .

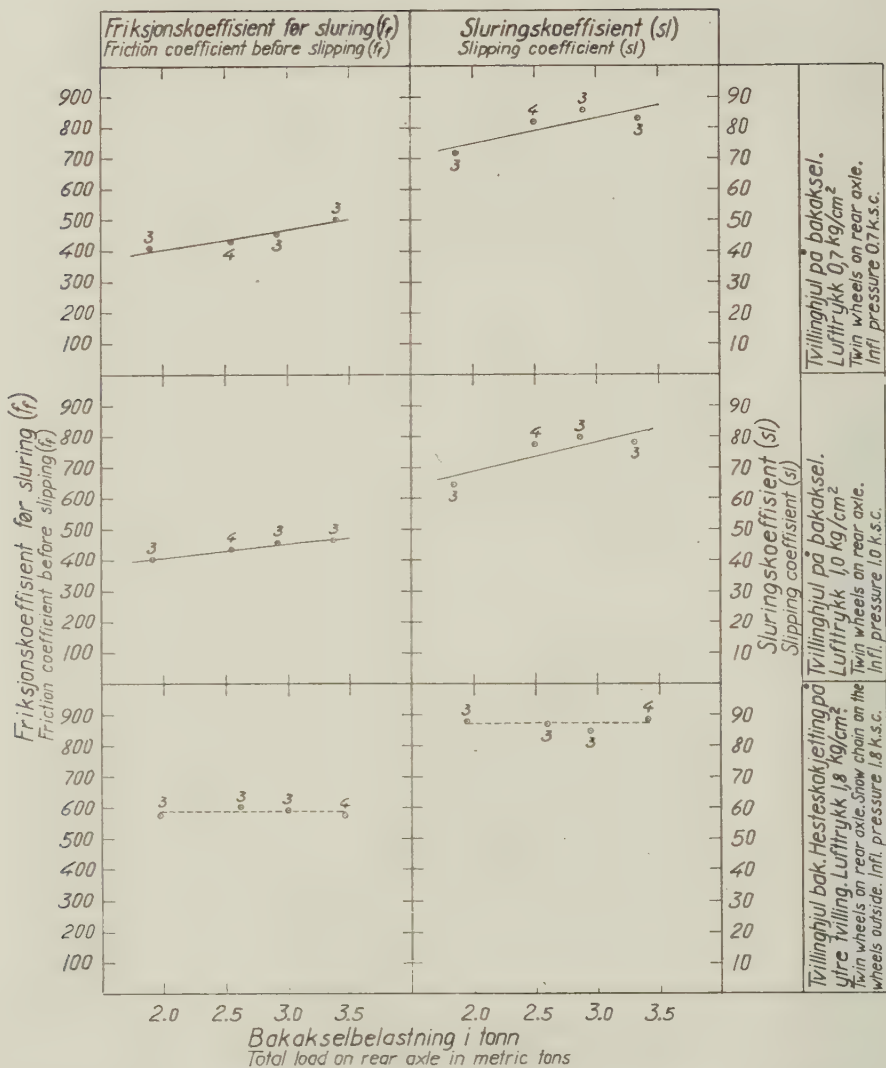


Fig. 103. Friksjonskoeffisient (f_f) og sluringskoeffisient (sl) ved bakhjulene under kjøring med MAN på snepakket vei. Snetemperatur $\div 2$ til $\div 5^\circ\text{C}$.

Friction coefficient (f_f) and slipping coefficient (sl) at the rear wheels when driving with MAN tractor on compact snow-road. Snow temperature -2 to -5°C .

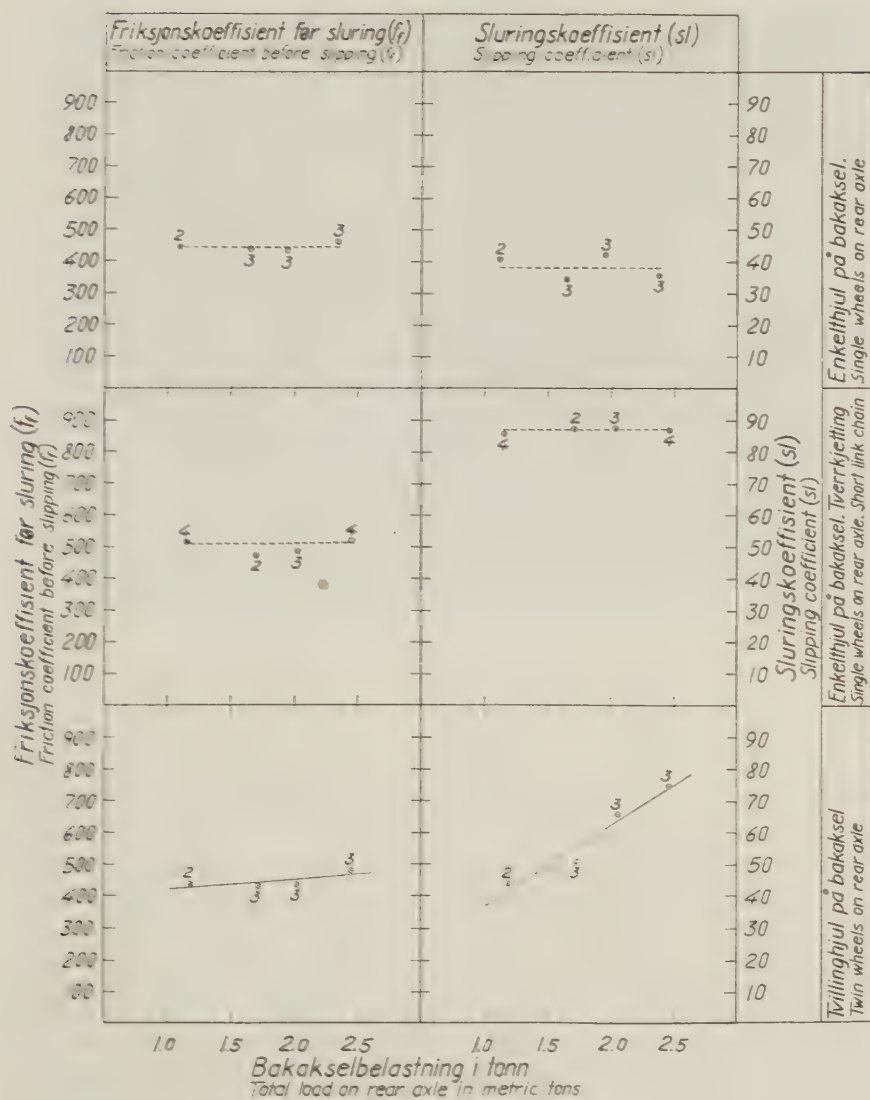


Fig. 104. Friksjonskoeffisient (f_f) og sluringskoeffisient (sl) ved bakhjulene under kjøring med Unimog på snepakket vei. Snetemperatur $\div 2$ til $\div 5^\circ\text{C}$. Dekkmønster Continental AS-Special.

Friction coefficient (f_f) and slipping coefficient (sl) at the rear wheels when driving with Unimog tractor on compact snow-road. Snow temperature — 2 to -5°C . Tyre design Continental AS-Special.



*Fig. 105. Slurespor etter selvbyggerkjetting.
Slipping track caused by zig-zag chain.*

den numeriske utjevning fremgår av tabellene XXIII, XXIV og XXV. Hvis bakakselbelastningen ikke ga signifikant utslag på friksjons- eller sluringskoeffisienten, har vi brukt det aritmetiske middel av de observerte koeffisienter. Disse middeltall er oppgitt med sin middelfeil i høyre rubrikk i tabellene. I fig. 100—104 er friksjonskoeffisientenes og sluringskoeffisientenes variasjon med bakakselbelastningen fremstillet grafisk. I de tilfelle det ikke var noe sikkert utslag for belastningen, er de midlere verdier av koeffisientene avsatt som en streket kurve parallelt med absisseaksen. I tabell 10 er traktorens friksjons- og sluringskoeffisienter sammenstillet. Tabellene gjelder kjoring med ubelastet traktor eller med 1000 kg tilleggsbelastning på bakakselen.

Et studium av figurene 100—104 viser at når gummi hjulene er utstyrt med gode gripekjettinger, avtar friksjonskoeffisienten for sluring med økende belastning (Fig. 101). Dette skyldes at sluringen fremkommer ved knusing av snedekket bak kjettingenes gripeanordninger, slik som forklart for halvbeltenes vedkommende. Dette fremgår også av fig. 105, som viser et typisk slurespor for

et hjul utstyrt med selvbyggerkjetting.

Uten kjettinger øker derimot friksjonskoeffisienten før sluring med belastningen.

Dette er særlig tilfelle for gummi-hjul med høye gummiribber (f. eks. fig. 102). Når trekraften øker, deformeres gummiribbene elastisk, og deformasjonen er større jo større belastningen er. Da det er et fåtall gummiribbersomoverfører trekraften til bakken, bøyer de unna og har lettere for å glippe mot det faste snedekke jo større belastningen er. Med det

snemønster som er vist i fig. 90 c, var derimot et stort antall korte knaster i berøring med snedekket. De grep bedre fast i veidekket uten å bøye så meget unna. I dette tilfelle var det en tendens til synkende friksjonskoeffisient for sluring med økende belastning, fordi den inntredende sluring i første rekke skyldtes knusing av snedekket bak gummiknastene. Av samme grunn hadde også et gummi-hjul med snemønster større friksjonskoeffisient for sluring enn gummi-hjul med høye gummiribber. (Tabell 10).

Det er også av stor interesse å se nærmere på sluringskoeffisienten for gummi-hjul uten kjetting. Sluringskoeffisienten er størst for gummiribber med åpent senter (fig. 90 a og b). Et gummi-mønster som vist i fig. 90 d har derimot meget lav sluringskoeffisient (sammenlign fig. 100 og 104). Dette mønster har forholdsvis sammenhengende anleggsflate på midten og ribbene større mellomrom ut mot sidene. Når sluringen begynner, vil den oppsmuldrede sne sparkes bakover av ribbene langs hjulsidene, men derimot ikke

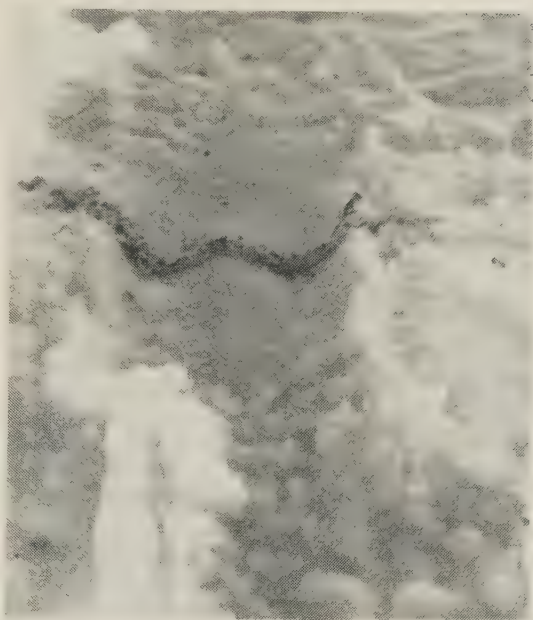


Fig. 106. Slurespor etter Continental AS-Special 6.50—20.

Slipping track caused by Continental AS-Special 6.50—20.

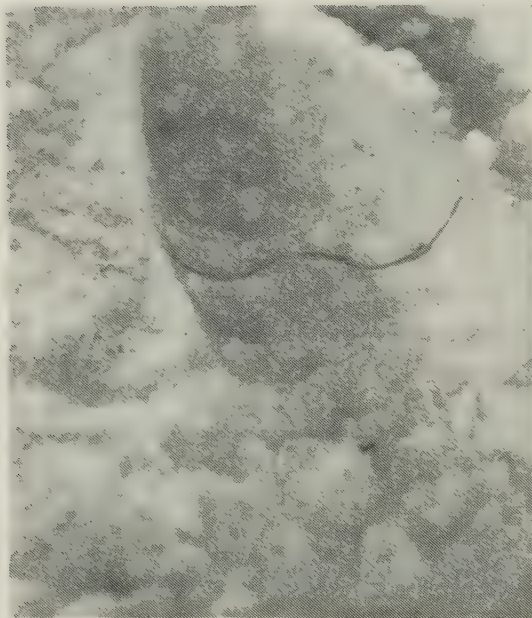


Fig. 107. Slurespor etter Continental open centre AS-T4. 11—28.

Slipping tracks caused by Continental open centre AS-T4. 11—28.

så meget under midten av hjulet. Under sluringsens fase II vil friksjonsvarmen smelte sneen og danne en hard overflateskorpe av is under midten av hjulet, mens sneen graves vekk under hjulsidene. Midt i det typiske slurrespor (fig. 106) dannes det derfor en isrygg som hjulet slurer på. Smeltevannet ifølge friksjonsvarmen gir en viss væskefriksjon, slik at friksjonskoeffisienten synker vesentlig etter at sluringsens fase II er nådd. Derfor har dette gummimønster en meget lav sluringskoeffisient.

Ribbemønstrene viste også tendens til dannelsen av is i slurersporet. Dette gjaldt særlig mønster med T-formete ribber (fig. 90 b), fordi mønsteret gir en forholdsvis sammenhengende gummiplate ved midten av hjulet. Fig. 107 viser et typisk slurrespor med dette gummimønster. Gummimønster med åpent profil (fig. 90 a) gav derimot slurrespor som minnet meget om fig. 105 på snepakket vei. Det var liten eller ingen isdannelse i sporet, hvilket er årsaken til den forholdsvis høye sluringskoeffisient.

Snemønsteret (fig. 90 c) gav derimot typisk isdannelse i slurersporet. Fig. 100 viser også at dekk med snemønster har meget lav sluringskoeffisient, hvilket må tilskrives friksjonsvarmens smeltende virkning på snebanen. Til tross for dette gir dekk med snemønster grunnlag for en større friksjonskoeffisient enn dekk med ribbemønster og åpent senter, så vel for som under sluring. Særlig er forskjellen i friksjonskoeffisientene før sluring tydelig. Dekk med snemønster egner seg derfor særlig til kjøretøyer som utvikler stor

hastighet og liten trekkraft. Traktorenes viktigste egenskaper er imidlertid forholdsvis stor trekkraft kombinert med liten kjørehastighet. Her er de friksjonskoeffisienter man oppnår med kjettingfrie hjul vanligvis for små. Tabell 10 viser at friksjonskoeffisienten før sluring oftest varierer fra 300—400 kg pr. tonn av bakakselbelastningen når man anvender dekk med ribbemønster og åpent senter, og fra 400—550 kg pr. tonn for dekk med snemønster under kjøring på snepakket vei. Friksjonskoeffisienten er noe større for tvillinghjul enn for enkelthjul, men forskjellen er meget liten.

For å øke friksjonskoeffisienten anvendes snekjetting, men det er viktig å velge en kjettingstype som arbeider godt sammen med dekkets gummimønster. Vanlig tverrkjetting (fig. 91 c) gir et godt resultat for gummimønster med lukket senter (fig. 90 c og d), men har lett for å legge seg mellom ribbene i mønster med åpent senter (fig. 90 a). Dette gir seg særlig utslag i sluringskoeffisienten, som er høyere når tverrkjetting brukes på dekker med lukket enn på dekker med åpent senter (se tabell 10, Ferguson og Unimog med tverrkjetting). Ved hensiktsmessig valg av kjettingstype kan man under kjøring på snepakket vei opnå meget høy friksjonskoeffisient og sluringskoeffisient ved bruk av dekker med ribber og åpent senter. Selvbyggerkjettingen gir god gripeevne, men de beste resultater oppnådde vi ved bruk av hesteskokjetting (fig. 38). Da var friksjonskoeffisienten før sluring 890—804 kg pr. tonn av bakakselbelastningen for Fergusons vedkommende og 610 kg pr. tonn for MAN med bakhjulsdrift under kjøring på snepakket vei. De hesteskokjettinger vi brukte på MAN traktoren var for svakt konstruert, så gripeklørne gav etter. Friksjonskoeffisientene for MAN med hesteskokjettinger er derfor rimeligvis for lave. Av tabell 10 ser man samtidig at hesteskokjettingen har meget høy sluringskoeffisient, vanligvis 80—90 %. Under kjøring på fast snevei gir derfor hesteskokjetting en fullt tilfredsstillende gripeevne, av samme størrelsesorden som halvbelter med griperibber.

MAN-traktoren ble også kjørt med tvillinghjul og hesteskokjetting på ytre hjulpar. I dette tilfelle var så vel friksjonskoeffisient før sluring som sluringskoeffisienten lavere enn når vi brukte enkelthjul og hesteskokjetting. Årsaken er at hesteskokjettingen sparker unna den sne som knuses bak gripejernene, slik at vi delvis får friksjon ifølge gummimønsteret på indre hjulpar og delvis ifølge hesteskokjettingene på ytre hjulpar. Ved 100% sluring vil etter

hvert all sneen bli sparket unna kjettingene på ytre hjulpar. Akseltrykket overføres derfor til indre hjulpar, så dette må overta mesteparten av friksjonsarbeidet. Det er derfor nødvendig å legge kjettinger på begge hjulpar hvis man skal få full nytte av dem.

I det foregående har vi diskutert friksjonsforholdene mellom drivende hjul og veibane under forutsetning av at traktorene er bakhjulsdrevet. To av traktorene, MAN og Unimog kan også overføre motorkraften til forhjulene så de blir firehjulsdrevet. Det er av interesse å se nærmere på hvilken økning i friksjonskoeffisient eller trekkraft man kan oppnå ved firehjulsdrift i stedet for bakhjulsdrift under kjøring på snepakket vei. SÖDERLUND og FRIEBERG (1954), SAMSET (1955) m. fl. har vist at hvis trekkroken er festet over hjulenes angrepspunkt mot bakken, vil trekkraften søke å vippe opp traktorens forende. Jo større trekkraften er, dess mindre blir belastningen på forhjulene. Er trekkroken plasert bakenfor bakakselen, slik tilfellet er for MAN-traktorens vedkommende, vil også den del av tømmerets og doningens vekt som hviler på trekkroken bidra til å redusere forakselbelastningen. Både trekkraften og belastningen på trekkroken søker altså å lette forhjulene fra bakken, og jo større disse krefter er, dess mindre blir forakseltrykket og dermed virkningen av forhjulsdriften. Når den oppløftende kraft ved forakselen er blitt så stor at forakseltrykket er 0 kg, har forhjulene ingen gripeevne mot bakken lenger, og traktoren er like sterk enten man kobler inn alle fire hjul eller bare bakhjulene.

Den trekkraft som interesserer i denne forbindelse, er trekkraften ved maksimal friksjon mellom hjul og veibane for 100 ° sluring. Denne trekkraft er undersøkt i en del alternativer, når MAN kjøres med bakhjulsdrift på snepakket vei. (Se fig. 108, nederst). Hvis friksjonskoeffisienten var like stor under alle hjul og uavhengig av akseltrykkene, kunne man regne ut trekkraftøkningen ved å anvende 4-hjulsdrift i stedet for bakhjuldrift ved hjelp av kjente mekaniske lover. Dette er gjort, idet vi anvendte belastninger og trekkrefter ved bakhjulsdrift ifølge fig. 108, samt de spesifikasjoner over traktoren som er oppgitt i fig. 12 og tabell III. Resultatet av beregningen er vist i form av strekede kurver øverst i fig. 108. Her er trekkraftøkningen ved 4-hjulsdrift oppgitt i % av trekkraften ved bakhjulsdrift. I de alternativer som er vist i fig. 108 målte vi også trekkraftøkningen etter innkobling av MAN-traktorens 4-hjulsdrift. Resultatet er vist i form av heltrukne

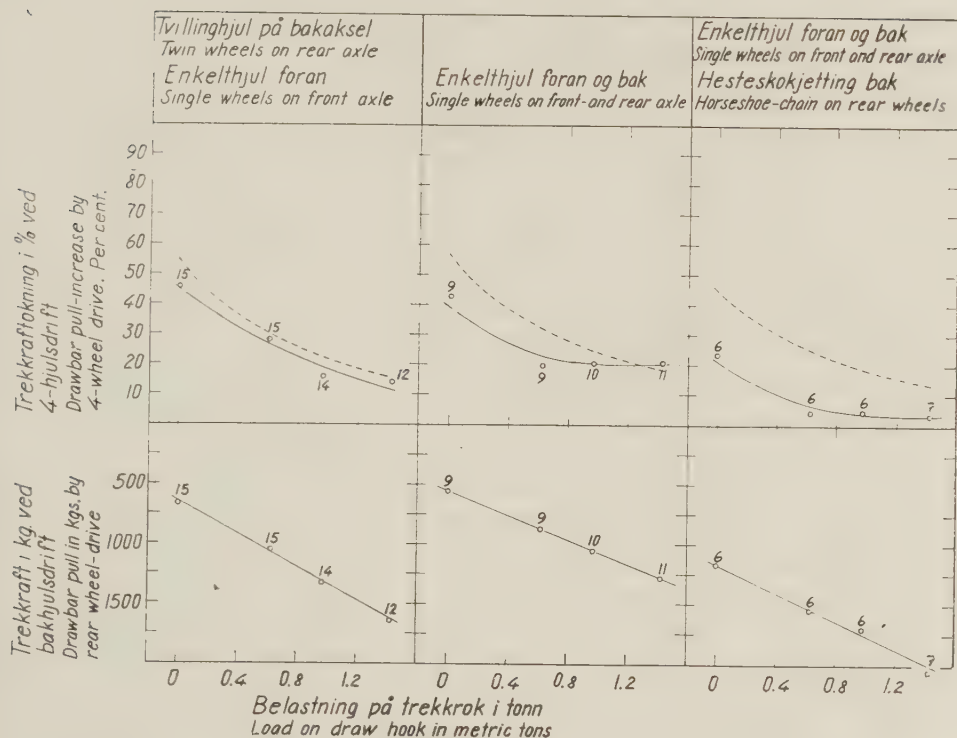


Fig. 108. MAN traktor. Prosentisk økning av trekkraften ved firehjulsdriфт kontra bakhjulsdrift.

MAN tractor. Percentage drawbar pull-increase using four-wheel drive instead of rear-wheel drive.

kurver øverst i fig. 108. Man ser at de målte verdier for trekkraftøkningen er mindre enn de teoretisk beregnede, fordi friksjonskoeffisienten er forskjellig under forhjul og bakhjul, og dessuten fordi friksjonskoeffisienten varierer med belastningen. Av fig. 108 ser man at en oppnår forholdsvis liten trekkraftøkning ved å bruke firehjulsdrevet i stedet for bakhjulsdrevet MAN-traktor. Vi har tidligere sett at man får en vesentlig økning av trekkraften ved å belaste traktoren med en del av vekten fra nyttelasten (tabell 8), hvilket også fremgår av de nederste kurver i fig. 108. Dette reduserer samtidig virkningen av firehjulsdriften. Med 1000 kg vekt på MAN-traktorens trekkrok, er trekkraftøkningen for 4-hjulsdrift i stedet for bakhjulsdrift 20 % ved enkelthjul uten kjetting, 17 % ved tvillinghjul bak og 4 % ved hesteskokjetting på bakhjulene.

Under kjøring på jevn snepakket vei har man derfor forholdsvis liten nytte av firehjulsdriften.

I det foregående er diskutert trekkraftøkningen under kjøring på rettlinjert vei. I kurver er trekkraftøkningen noe større, da forhjulene trekker i kurvens retning. Forholdet har lite å si i slakkere kurver, men i meget krappe kurver har det en viss betydning. Firehjulsdriften er videre fordelaktig under kjøring i ujevnt terreng, hvor forhjulene klatrer over terrengujevnhetene (SAMSET 1951). Den firehjulsdrevne traktor har derfor først og fremst interesse på sterkt kronglete veier eller i terrengkjøring.

Dette gjelder den vanlige traktortype med trekkroken under og bakenfor bakakselen. Forutsetningen for å bruke 4-hjulsdrevet traktor til transportkjøring er at forakselbelastningen er størst mulig, og helst like stor som bakakselbelastningen. Det kan oppnåes ved å motvirke trekkraftens løftende virkning på forakselen. Vi undersøkte dette for Unimog-tractorens vedkommende, idet trekkroken ble montert foran bakakselen. (Fig. 13). Da vil vekten fra nyttelast og doning på trekkroken virke motsatt av trekkraften, idet den presser forakselen ned under kjøringen. Vi undersøkte trekkraftøkningen for firehjulsdrift i forhold til bakhjulsdrift ved denne plasing av trekkroken, og resultatet fremgår av fig. 109. Med 1000 kg vekt på trekkroken har vi altså oppnådd en trekkraftøkning på 30 % ved enkelt hjul, 34 % ved tvillinghjul bak, og 24 % ved tverrkjetting på alle hjul. Trekkraftøkningen er altså ganske bra, og vesentlig større enn for MAN som har trekkroken bakenfor bakakselen. Fig. 13 viser at trekkroken sitter forholdsvis høyt over bakken. En senkning av trekkroken vil minske trekkraftens reduksjon av forakselbelastningen, hvilket fører til en ytterligere økning av trekkraften ved anvendelse av firehjulsdrift.

Dette forsøk gir oss en pekepinn om hvilke retningslinjer man bør følge under utformingen av en firehjulsdrevet traktor til transportarbeide.

- a) Alle hjul bør være like og ha samme kjettingutstyr for at friksjonskoeffisient og sluringskoeffisient skal variere minst mulig fra hjul til hjul.
- b) Traktorens chassis og karosseri bør utformes slik at trekkroken kan plaseres lavest mulig, og så langt foran bakakselen at nyttelastens press på forakselen oppveier den maksimale trekkrafts løfting av forakselen.

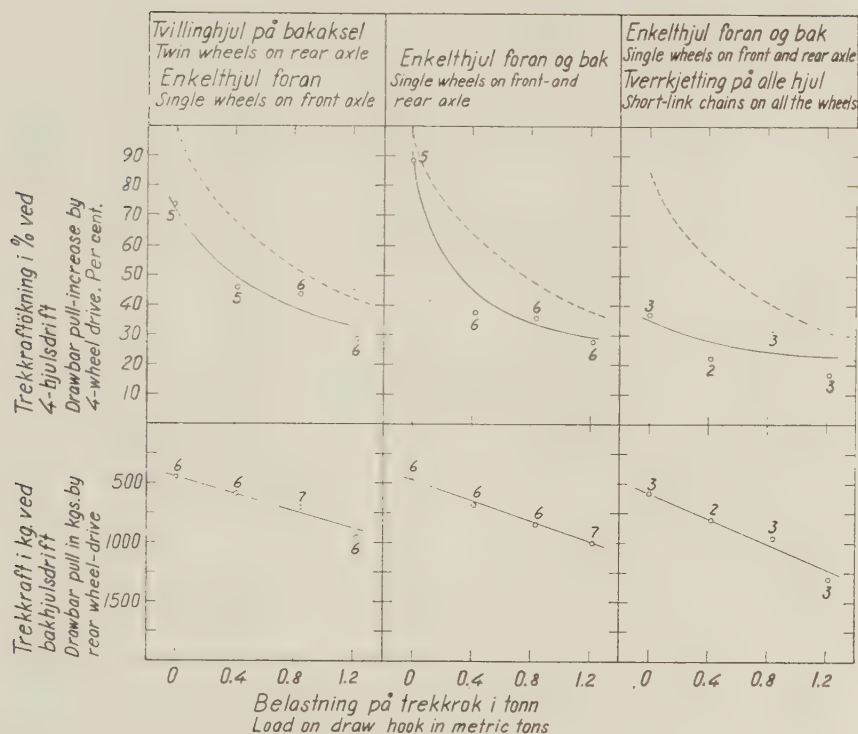


Fig. 109. Unimog traktor. Prosentisk økning av trekraften ved firehjulsdrift kontra bakhjulsdrift.

Unimog tractor. Percentage drawbar pull-increase using four-wheel drive instead of rear-wheel drive.

Unimog var den eneste av traktorene som muliggjorde en trekrokplasing foran bakakselen, og var den traktor som lå nærmest opp til en hensiktsmessig trekraftfordeling mellom for- og bakaksel. Da traktoren har en stor topphastighet, hvilket kan redusere tiden for returkjøring med tom doning (se senere), er det håp om at en videre utforming av maskinen kan føre til en hensiktsmessig firehjulsdrevet traktor for tømmertransport.

Nedenfor skal vises en del eksempler på anvendelse av friksjons- og sluringskoeffisienter:

Eksempel 3. En Ferguson uten halvbelter kjører på fast snepakket veibane, hvis temperatur er $\div 2^{\circ}\text{C}$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Ifølge tabell III er bakakselbelastningen 1,13 tonn og med traktorfører 1,19 tonn. Hvis dekkene er 10—28, Good year-open center tread med luft-

trykk $1,8 \text{ kg cm}^2$, får vi følgende resultat ved å bruke de koeffisienter som er oppgitt i tabell 10:

Maks. trekkraft før sluring: $1,19 \text{ tonn} \times 514 \text{ kg/tonn} \dots = 612 \text{ kg}$
 Trekkraft under total sluring: 70% av $612 \text{ kg} \dots = 428 \text{ kg}$

Bruker man hesteskokjetting på bakhjulene oker bakakselbelastningen til ca. $1,29 \text{ tonn}$ og man får følgende resultat:

Maks. trekkraft før sluring: $1,29 \text{ tonn} \times 890 \text{ kg/tonn} \dots = 1148 \text{ kg}$
 Trekkraft under total sluring: 81% av $1148 \text{ kg} \dots = 930 \text{ kg}$

Eksempel 4. Hvor stor bør belastningen av de drivende hjul være forat traktormotoren under kjøring på snepakket vei skal bli fullt utnyttet uten at hjulene slurer?

SUNDBERG (1952) har funnet at bakakseltrykket bør være ca. 200 kg pr. hestekraft. Den høye verdi skyldes bl. a. at Sundberg har regnet med en meget lav friksjonskoeffisient, nemlig 300 kg pr. tonn. Tabellene 7 og 10 viser at når drivhjulene utstyres med effektive halvbelter eller hesteskokjetting, er friksjonskoeffisienten under total sluring vanligvis høyere enn 600 kg pr. tonn. Kjører traktoren på lavgear, vil hastigheten oftest variere omkring $v = 1 \text{ m/sek.}$ Med en virkningsgrad på $\eta = 0,65$ (se senere) får vi følgende trekkraft pr. reimskive-hestekraft:

$$T_1 = \frac{Hk \cdot \eta}{v} = \frac{75 \text{ kg. m/sek.} \cdot 0.65}{1 \text{ m/sek}} = 48,8 \text{ kg/Hk}$$

For hver hestekraft av reimskiveeffekten blir belastningen av de drivende hjul mot bakken:

$$B = \frac{T_1}{f_u} = \frac{48.8 \text{ kg/Hk}}{600 \text{ kg/tonn}} = 0.081 \text{ tonn pr. hestekraft}$$

Ved å benytte de spesifikasjoner som er oppgitt i tabell III og IV, finner vi at Ferguson må ha følgende halvbeltetrykk mot veibanen for at motoreffekten skal bli utnyttet:

$$28 \text{ Hk} \cdot 0,081 \text{ tonn/Hk} = 2,27 \text{ tonn}$$

Av tabell IV ser vi at tom traktor iberegnet traktorfører har et halvbeltetrykk på $1,04 \text{ tonn}$. Ved å overføre vekt fra doning og tommerlass til trekkrok må derfor beltetrykket mot bakken

økes med 1,23 tonn for å få full nytte av motorens hestekrefter under kjøring på 1. gear.

For de øvrige halvbeltetraktorer kan man på tilsvarende måte regne ut at beltetrykket må økes med 0,99 tonn for David Browns vedkommende og 0,28 tonn for Bolinder Munktell, om motoren skal bli utnyttet fullt ut. Den del av nyttelastens vekt som bør hvile på trekkroken vil være noe mindre enn de utregnete tillegg til halvbeltebelastningen. Forskjellen kan lett regnes ut ved hjelp av elementære mekaniske regler, men jeg finner det unødvendig å komme inn på spørsmålet her.

Eksemplet viser imidlertid at jo tyngre traktoren er i forhold til motorytelsen, dess mindre vekt er det nødvendig å overføre fra tømmerlasset til traktorens trekkrok. Etter spesifikasjonene i tabell III og IV veier Ferguson med halvbelter og traktorski 49 kg pr. hestekraft, David Brown 69 kg pr. hestekraft, og Bolinder Munktell 99 kg pr. hestekraft. Fergusons lave vekt pr. hestekraft er meget hensiktsmessig, fordi effektiviteten blir stor under returkjøring med tom doning. Det er unødvendig å kjøre med større dødvekt enn dette, fordi man kan oppnå tilstrekkelig trekkraft under lasskjøringen ved å belaste traktorens trekkrok ved hjelp av doning og tømmerlass.

312.4 *Traktorens effekt og virkningsgrad.*

Effekten er et uttrykk for arbeid pr. tidsenhet og måles i hestekrefter. En hestekraft representerer en effekt av 75 kgm pr. sek. Den effekt som utvikles i motorens sylindre kalles indikerte hestekrefter. På grunn av lagerfriksjon og drift av hjelpeapparater (oljepumpe, vannpumpe, generator m. v.) mister man en del effekt i motoren, slik at hestekreftene på motorakselen vanligvis er 80—85 % av de indikerte hestekrefter. Når motoreffekten overføres fra veivaksel til reimskive eller til traktorens drivende hjul, blir det en del effekttap i form av friksjon i lager og tannhjul. Man regner ofte med at hestekreftene på reimskiven er 90—95 % og hestekreftene ved drivhjulene 75—80 % av hestekreftene på motorakselen.

De maskintekniske prøvestasjoner foretar målinger av traktormotorens effekter. De tyske prøvestasjoner måler vanligvis hestekreftene på motorakselen, (GALLWITZ 1952), mens de fleste andre

lands prøvestasjoner måler reimskiveeffekten, idet man anvender reimoverføring fra traktorens reimskive til et bremsedynamometer. De nøyaktigste resultater får man ved måling av hestekreftene på motorakselen (veivakselen), fordi man derved unngår effekttap mellom motoraksel og reimskive. Målingen er imidlertid arbeidskrevende, da man som regel må ta motoren ut av traktoren og koble alle hjelpeapparater til motoren for å få gjennomført målingen.

Hestekreftene varierer med motorens turtall. Ved hvert turtall måler man de maksimale hestekrefter som motoren kan yte uten å gå varm. Ved hvert målepunkt må man derfor kjøre motoren tilstrekkelig lenge til å få konstatert om temperaturen i olje og kjølevæske holder seg konstant. I en internasjonal overenskomst mellom de forskjellige lands prøvestasjoner er det foreslått at motoren skal gå 2 timer ved hvert målepunkt.

Over et kortvarig tidsrom er det mulig å få større effekt ut av motoren. En slik måling har imidlertid mindre interesse for kontinuerlig kjøring i praksis, idet en så stor belastning på motoren fører til at den går varm.

Da vi ikke disponerte eget bremsedynamometer på det tidspunkt denne undersøkelse fant sted, ble måling av motorens hestekrefter utført på apparatur tilhørende Landbruksteknisk Institutt. Vi måtte derfor begrense denne del av undersøkelsen til en av traktorene, og valte Ferguson med 85 mm boring. Brenselforbruket i gram pr. hestekrafttime ble sløyfet i denne undersøkelse.

Vi fant at hestekreftene på reimskiven varierte med turtallet etter følgende formel:

$$Hk = 0,046600 \cdot n \div 0,000001104 \cdot n^2 \div 21,88 \quad (19)$$

Det er meget høy korrelasjon mellom de observerte og utjevnete verdier, nemlig $R = 0,9892$, og materialets spredning omkring den utjevnete funksjon er $S = 1,65 \%$.

Motorens dreiemoment kan finnes på følgende måte:

$$Md = \frac{30 \cdot 75}{\pi \cdot n} \cdot Hk$$

$$Md = 33,3749 \div 0,007907 \cdot n \div \frac{15670}{n} \quad (20)$$

Fig. 110 er tegnet på grunnlag av formel (19) og (20). Turtallet for maksimale hestekrefter og dreiemoment er funnet ved deriva-

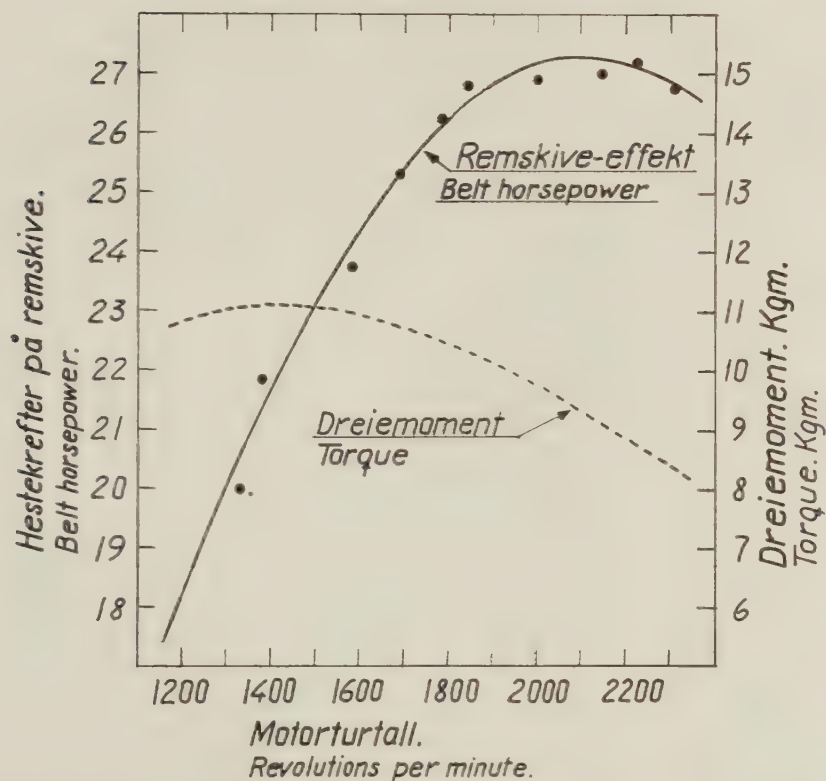


Fig. 110. Effekt- og dreiemomentkurve for Ferguson-motor med 85 mm boring.
Horsepower and torque of Ferguson engine with 85 mm bore.

sjon av formlene, hvoretter de tilsvarende hestekrefter og dreiemomenter er regnet ut. Man ser at etter hvert som motorens turtall stiger, øker hestekreftene til et maksimum ved 2110 omdr. pr. min. Da er remskive-effekten $H_k \text{ maks.} = 27,31$. Øker turtallet ut over dette punkt avtar hestekreftene igjen. Det maksimale dreiemoment er $M_d \text{ maks.} = 11,11 \text{ kg m}$. Dette inntreffer ved lavere turtall enn turtallet for maksimale hestekrefter, nemlig 1408 omdr. pr. min. Ved dette turtall utvikler traktoren den største trekkraft innen hvert gear, og den tilsvarende effekt er 21,84 hestekrefter. Man ser at dreiemoment-kurven er forholdsvis flat, i betraktning av at prøven gjelder en bensinmotor. Dette er gunstig fordi det fører til forholdsvis liten reduksjon av trekkraften innen hvert gear, om hastigheten varierer en del omkring den hastighet som tilsvarende $n = 1408$ omdr. pr. min.

Dieselmotoren har vanligvis flatere dreiemomentkurve enn bensinmotoren. Vi har ikke målt forholdet for andre av forsøks-traktorene enn Ferguson, men tendensen kan studeres av meldinger fra de forskjellige landbrukstekniske prøvestasjoner. Når vi har målt effekten av Fergusontraktorens motor i stedet for å bruke resultatene fra en av prøvestasjonene, er årsaken at effekten oftest varierer fra en traktor til en annen innen samme traktorfabrikat og type. Vi gjennomførte derfor målingen for å kunne analysere traktorens virkningsgrad på trekkroken.

Vi har undersøkt virkningsgradens variasjon med trekkraft og hastighet når Ferguson med snebelter og traktorski kjører på en snepakket jevn veibane, hvis temperatur er $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. La oss som eksempel se på forholdet når Ferguson kjører på 1. gear uten belastning på trekkroken. Med et motorturtall på 1408 omdr. pr. min. er hastigheten uten sluring 4 km pr. time. Resultatet er vist i fig. 111. Når trekraften er 0 kg, må motoren overvinne effekttapet i transmisjonene, samt traktorens rullemotstand. Reimskiveeffekten øker lineært med trekraften til en maksimal trekkraft av 1210 kg, da effekten er 21,84 Hk. Fra effekten på reimskiven går effekttapet i transmisjonene. BOCKHORN (1954) har vist at effekttapet i gjennomsnitt kan settes til 9 %, men det vil variere med transmisjonstypen. I denne undersøkelse har vi brukt de effekttap som MEYER og BOCK (1951) kom frem til for de forskjellige hastigheter og belastninger i en undersøkelse av en traktor av lignende størrelse som Ferguson. Når effekttapet ifølge transmisjonen trekkes fra reimskiveeffekten, fremkommer effekten ved drivhjulene. På grunn av hjulenes sluring i halvbeltene og halvbeltenes sluring mot veibanen kjører traktoren med en mindre hastighet enn det som hjulenes rulling skulle tilsi. Sluringens størrelse fremgår av fig. 85, og det effekttap sluringen forårsaker er fratrullet drivhjulseffekten som vist i fig. 111. Man ser at 100 % sluring inntreffer ved ca. 1060 kg. Vi får altså ikke utnyttet motorens maksimale trekkraft, fordi 100 % sluring inntreffer før dette er oppnådd. Traktormotoren må også overvinne effekttapet på grunn av rullemotstand for tom traktor. Her er anvendt de rullemotstandskoeffisienter vi har vist i tabell 6, idet mellomhjulsbelastningen er 100 kg, og beltestrammingen tilsvarer 8 cm nedbøyning når man belaster midten av beltene med 80 kg.

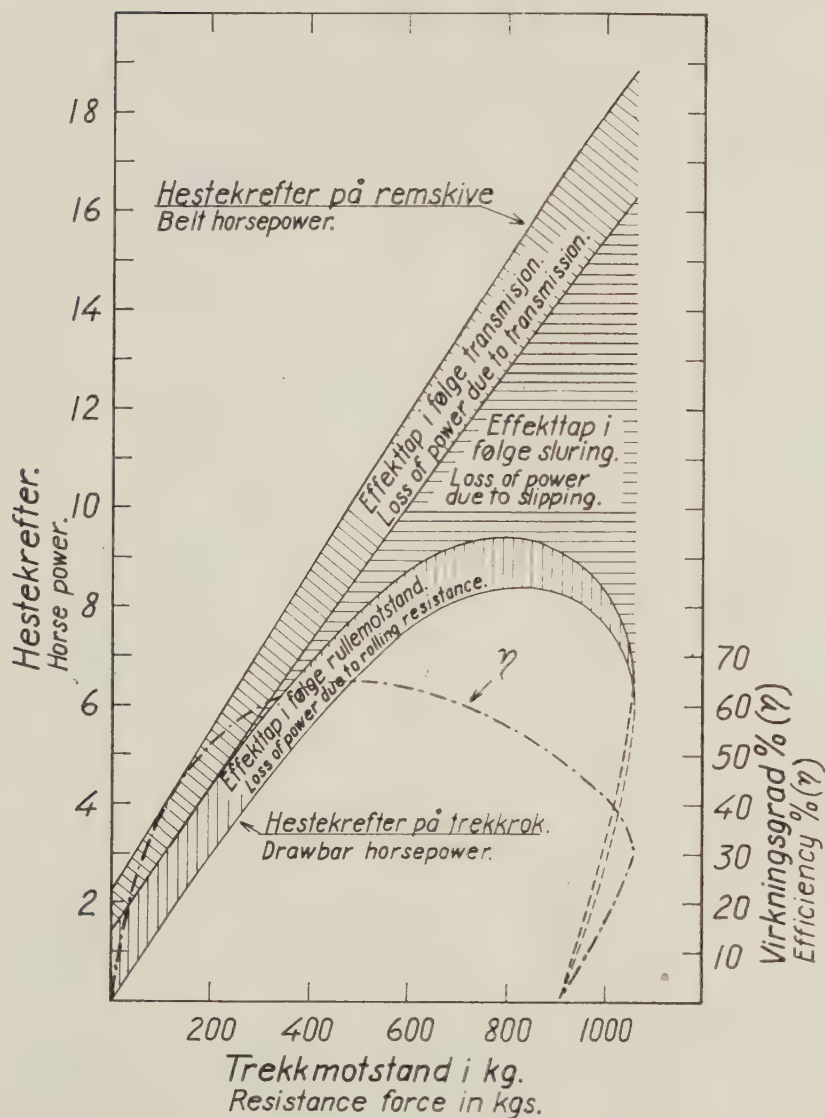


Fig. 111. Ferguson på snepakket vei. Halvbelter med griperibber. Bak-akselbelastning = 0,9 tonn. Hastighet = 1,11 m/sek. Snetemperatur $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$.

Ferguson tractor on compact snow-road. Half-tracks with gripping shoes. Total load on rear axle = 0,9 metric tons. Speed 1,11 m/sec. Snow temperature — 3 to — 5°C .

Når effekttapene ifølge transmisjon, sluring og rullemotstand er fratrukket effekten på reimskiven, får vi effekten på trekkkroken. Av fig. 111 ser vi at trekkkrokens hestekrefter øker med trekkraften til et maksimum ved ca. 790 kg, da den nyttbare effekt på trekkkroken er ca. 9,4 hestekrefter. I fig. 111 er også vist virkningsgradens variasjon med trekkraften. Med virkningsgraden (η) mener vi i denne forbindelse effekten på trekkkroken i prosent av effekten på reimskiven. Vi ser at den største virkningsgrad, η maks. = 65 %, opptrer ved en lavere trekkraft enn den største nyttbare effekt, nemlig 510 kg.

En lignende undersøkelse er gjennomført under kjøring på de øvrige gear, og med forskjellig belastning fra tømmerlasset på trekkkroken. Resultatet er vist i fig. 112. Når man kjører på 1. gear og beltetrykket mot bakken er 1,04 tonn, inntretr total sluring før vi oppnår den maksimale trekkraft som motoren gir grunnlag for. I alle andre tilfelle kveles motoren før traktoren stopper på grunn av beltesluring. Videre sees at motoren blir kvalt før den maksimale virkningsgrad er oppnådd når man kjører på 4. gear for alle belastningers vedkommende. Er beltetrykket mot bakken 2,11 tonn, er det samme tilfelle også under 3. gears kjøring. Fig. 112 viser hvorledes virkningsgraden varierer med trekkraften. Man ser også at den er høyere jo høyere gear man kjører på, hvilket skulle tilsi at traktorføreren vanligvis bør kjøre i så høyt gear som mulig. Det samme er vist av WEBER (1951), som hevder at hvis den samme kombinasjon av trekkraft og hastighet kan oppnåes på mere enn ett gear, bør man som regel bruke det høyeste fordi det vanligvis fører til det laveste brenselforbruk. Vi kommer imidlertid senere tilbake til at dette lett kan overdrives, fordi de praktiske kjøreforhold varierer sterkt langs veien.

Fig. 112 viser at virkningsgraden øker med økende beltebelastning. De maksimale virkningsgrader med tilsvarende trekkmotstander kan avleses på figuren. De er sammenstillet i tabell 11, som viser at de maksimale virkningsgrader varierer fra 65—74 %. Ved å sammenligne tabell 11 med fig. 85 ser man at trekkraften for maksimal virkningsgrad tilsvarer ca. 10 % beltesluring. Dette stemmer godt med en undersøkelse av McKIBBEN, REED og REAVES (1952), som omfattet traktorkjøring med gummi hjul på grusbane.

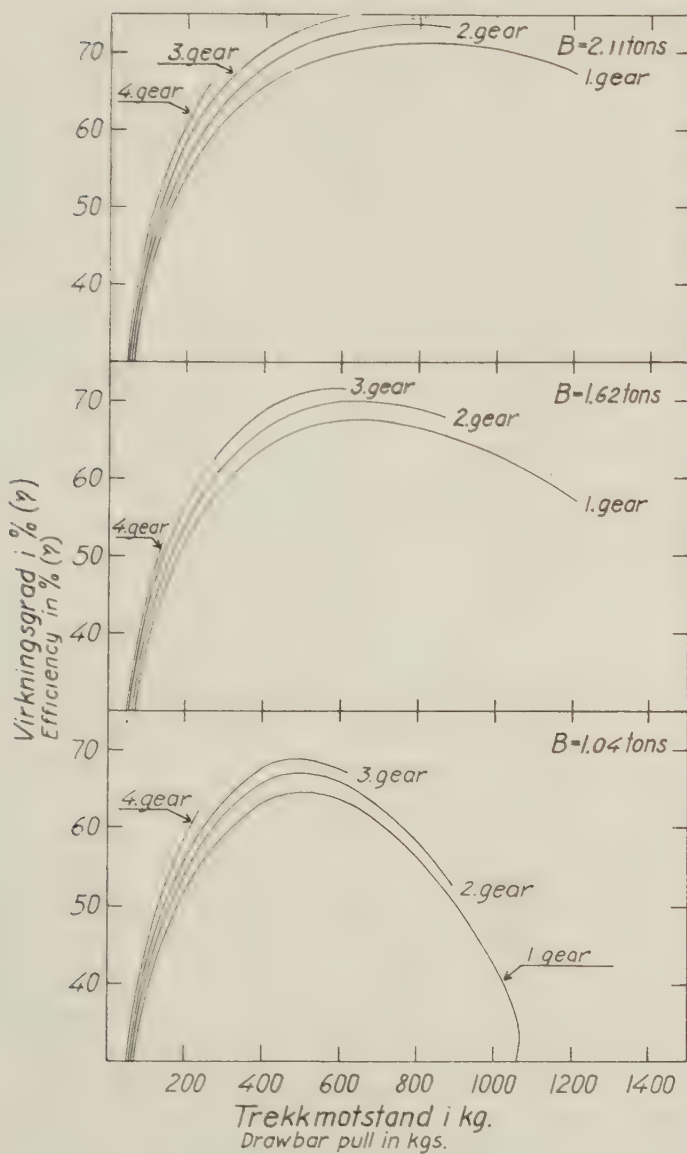


Fig. 112. Ferguson traktor. Virkningsgrad ved motorturtall 1408 omdr. pr. min. Halvbelter med griperibber. Snepakket vei.

Snetemperatur $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$.

Ferguson tractor. Efficiency at 1408 r. p. m. Half-tracks with gripping shoes. Compact snow-road. Snow temperature -3 to -5°C .

Den foregående analyse bygger på at motorens turtall er 1408 omdr. pr. min. da motoren har sitt største dreiemoment, og gir grunnlag for størst mulig trekkraft. Ved å foreta analysen for et motorturtall på 2110 omdr. pr. min. ville vi oppnå større effekter samtidig som trekkraften blir mindre. Virkningsgraden ville imidlertid bli lite endret, og da virkningsgradens variasjon med trekkraft og belastning prinsipielt blir den samme, sløyfes analysen i denne forbindelse.

I praksis er det forholdsvis sjelden at forholdene ligger til rette for maksimal virkningsgrad av traktormotoren. I utforbakker spiller motoreffekten liten eller ingen rolle, idet traktorbremsene må ta opp den effekt som utvikles ifølge traktorens og lassets vekt og kinetiske energi. I overgangen fra stigning til horisontal bane, eller fra en stigning til en annen spiller også disse forhold en stor rolle, og det samme er tilfelle når man kobler om fra høyere til lavere gear. Under selve gearingen mister man effekt i det øyeblikk motoren kobles ut. Hvis forholdene var helt konstante langs veien kunne man velge gear, hastighet og belastning slik at tilnærmet maksimal virkningsgrad ble oppnådd. Dette lar seg lettere gjennomføre f. eks. for en jernbane på jernbanespor enn for en traktor på traktorvei i terrenget. I virkeligheten må traktormotoren dimensjoneres slik at man har et visst overskudd av krefter til å overvinne spesielt vanskelige punkter som f. eks. veistrekninger med tungt føre, bratte motbakker, og til å overvinne startfriksjonen. Man kan delvis ta hensyn til disse forhold ved hjelp av traktorens gear. Jevne stigninger og jevnest mulig veidekke er derfor å foretrekke, mens småkupperte veier reduserer den nyttbare effekt, særlig når veien er dårlig vedlikeholdt.

Jeg har valt å definere dette forhold med *traktormotorens utnyttelsesgrad*, som er den prosentiske del av remskiveeffekten man utnytter på trekkroken. Den største utnyttelsesgrad skulle man vente under kjøring i motbakke. Som eksempel er vist fig. 113 fra forsøksveien på Sollihøgda, 1953. Overst ser man et lengdeprofil av en 160 m lang motbakke hvor traktoren kjørte fra venstre mot høyre. Figuren bygger på gjennomsnittsverdier fra kjøring med fire lass, hvis gjennomsnittsstørrelse var 6,6 m³. Snetemperaturen var $\div 6^{\circ}\text{C}$. De to midterste diagrammer viser anvendt trekkraft og hastighet, mens det nederste diagram viser utnyttelsesgraden på de forskjellige steder av veien. Man ser at utnyttelsesgraden

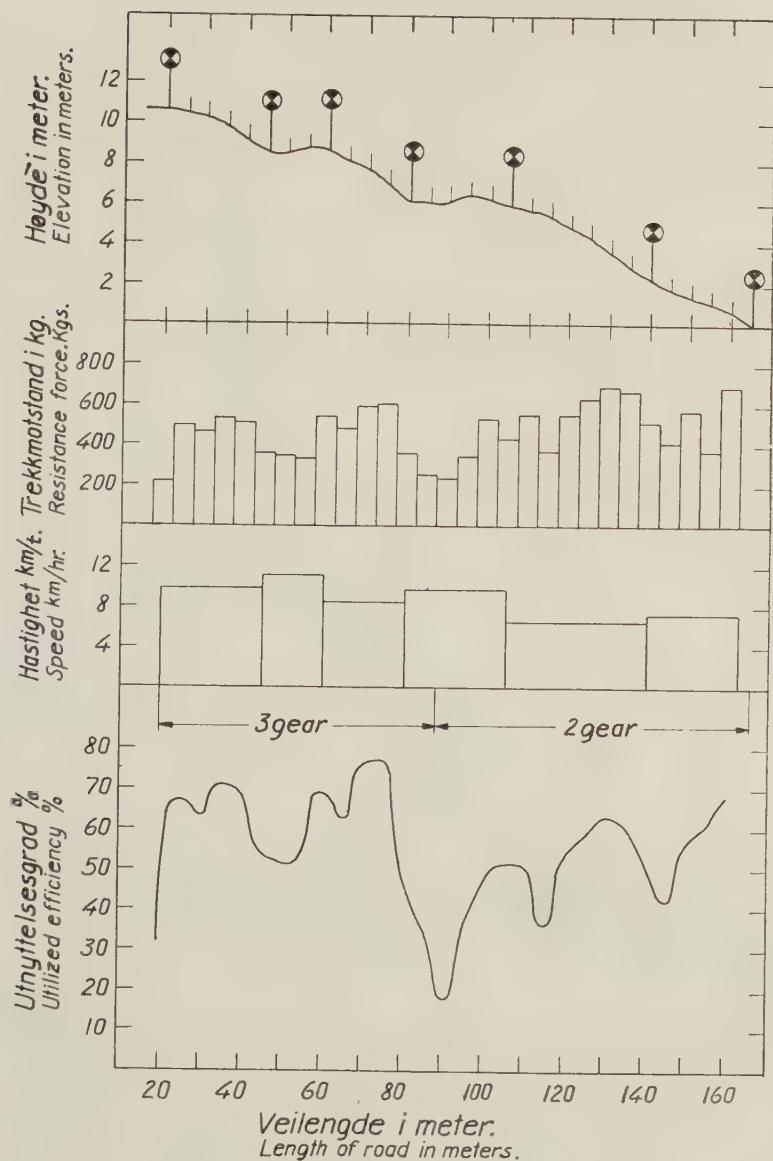


Fig. 113. Eksempel på traktorens utnyttelsesgrad under kjøring i motbakke. Ferguson 85 mm boring med halvbelter. Gjennomsnitt av 4 lass = 6,6 m³. Snepakket vei. Snetemperatur \div 6°C.

An example of the utilized efficiency of an uphilldriven tractor. Ferguson 85 mm bore with half-tracks. Average of four loads = 6,6 cu. m. Compact snow-road. Snow temperature \div 6°C

varierer fra ca. 18 % til ca. 77 %. Den er lavere i den nedre del av veistrekningen der man kjørte på 2. gear enn i den øvre, der man kjørte på 3. gear. Den lange motbakke er avbrudt av to flatere partier med korte utforkneiker. I begge tilfelle ser man at utnyttelsesgraden synker vesentlig.

Tabell 12 viser den gjennomsnittlige utnyttelsesgrad for 6 lass som er kjørt opp motbakker med forholdsvis jevne stigningsforhold. Man ser at utnyttelsesgraden varierer fra 51 % til 55 % under 2.-gears kjøring og 57 % til 71 % under 3.-gears kjøring.

Av fig. 113 ser man at utnyttelsesgraden er særlig lav i det øyeblikk man skifter over fra et gear til et annet. Det kan ha en viss interesse å studere den nyttbare effekt under forutsetning av at hastighetsvariasjonen utføres ved kontinuerlig variabel transmisjon, i stedet for som vanlig ved å variere motorens turtall innenfor hvert gear. Resultatet av en slik undersøkelse er vist i fig. 114 for en Ferguson med halvbeltetrykk $B = 1,62$ tonn på snepakket vei. Snetemperaturen er $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Vi forutsetter at motorens turtall holdes konstant ved 2110 omdr. pr. min., da man oppnår maksimal motoreffekt. Man ser at trekkraften avtar når hastigheten øker. Ved å trekke effekttapet ved transmisjon og rullestand fra effekten på motorakselen, får vi effekten på trekkkroken, idet vi har tatt hensyn til sluringen under beregning av traktorens hastighet. Det er regnet med samme effekttap i transmisjonen som for traktor med vanlig gearoverføring. Derved er vi kommet frem til en kurve som beskriver den ideelle sammenheng mellom trekkraft og hastighet for den undersøkte motor.

I den samme figur har vi tegnet inn den virkelige sammenheng mellom hastighet og trekkraft for Ferguson. Innen hvert gear oppnår vi en endring i hastigheten ved å forandre motorens turtall. Da effekten varierer med turtallet (se fig. 110 og 111), vil trekkraften innen hvert gear øke med økende hastighet til et maksimum i nærheten av turtallet for maksimalt dreiemoment for deretter å avta. De virkelige trekkraftkurver tangerer idealkurven i et punkt for hvert gear, nemlig ved den hastighet som tilsvarer turtallet for maksimale hestekrefter (2110 omdr./min.). Ved alle hastigheter mellom tangeringspunktene er traktorens trekkraft lavere enn om man kunne følge idealkurven. Avvikelsen er særlig stor i hastighetsområdet mellom 3. og 4. gear. Dette stemmer bra med våre praktiske erfaringer, idet vi ofte kom i situasjoner der 3. gear var for lavt og 4. gear for høyt.

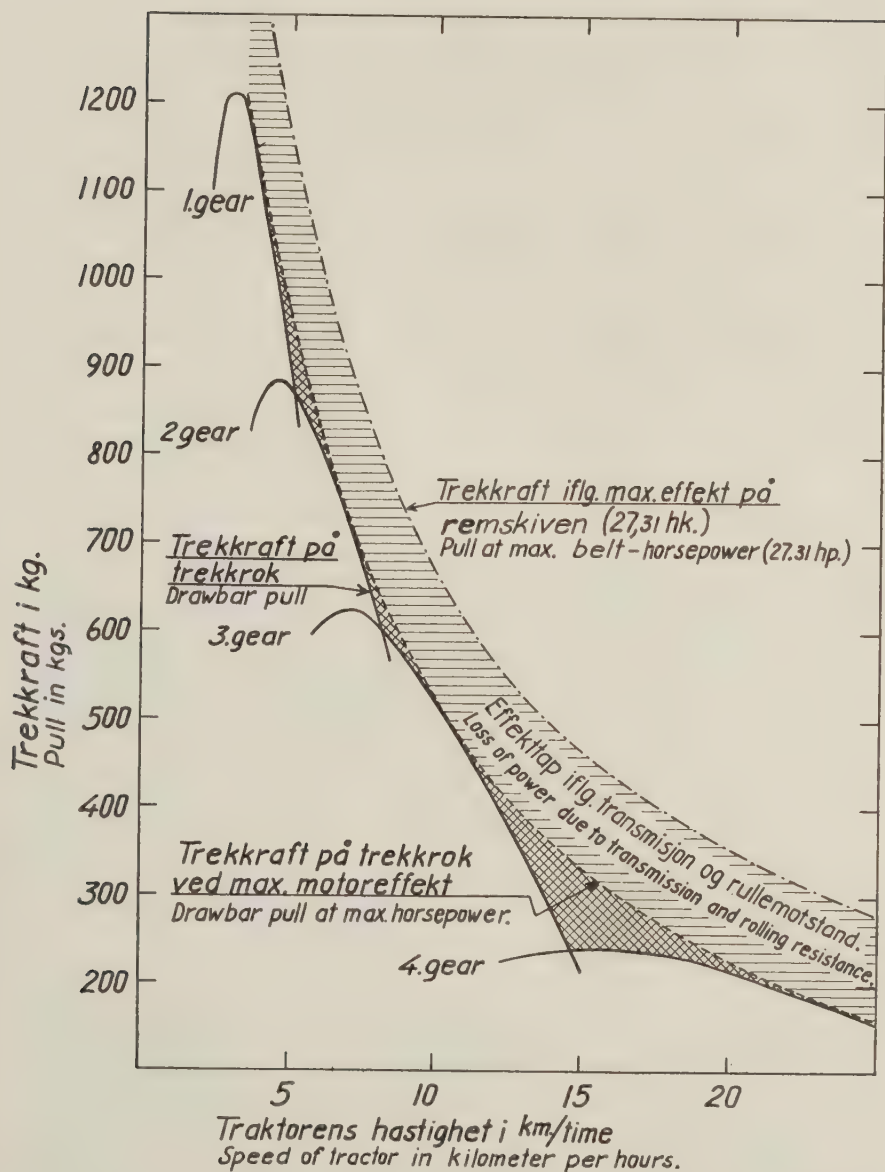


Fig. 114. Ferguson med Bombardier halvbelter på snepakket vei. Snetemperatur $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Beltetrykk mot bakken = 1,68 tonn. Sammenheng mellom trekkraft og hastighet ved en remskiveeffekt på 27,31 hk. Til sammenligning er tatt med sammenhengen mellom trekkraft og hastighet på traktorens forskjellige gear.

Ferguson with Bombardier half-tracks on compact snow-road. Snow temperature — 3 to — 5°C . Track-pressure against road = 1,68 tons. Variation of drawbar pull at max. belt-hp. with the speed of the tractor. The lower curves show how the drawbar pull at the different gears varies with the speed.

Ved første øyekast kan det synes logisk å få den virkelige trekkraftkurve nærmere idealkurven, ved å utstyre traktoren med flere gear. Det er vanligvis en fordel å ha mange gear på traktoren, men at det ikke løser problemet, ser man bl. a. av tabell 19, idet man har lett for å vente med gearskiftingen til motoren begynner å dabbe av. Egentlig burde man skifte gear ved den hastighet der kraftkurvene mellom to gear skjærer hverandre, men i virkeligheten skjer altså gearskiftningen ved noe lavere hastighet, hvorved man mister en del trekkraft eller effekt. I det øyeblikk man skifter gear taper man også en del trekkraft, fordi skiftingen ikke kan skje momentant i praksis.

Hvis vi øket antall gear i det uendelige, ville tangeringspunktene mellom de virkelige kraftkurver innen hvert gear og idealkurven danne en sammenhengende linje. Da tangeringspunktene tilsvarer et motorturtall på 2110 omdr. pr. min, ville dette bety at motoren utstyres med en kontinuerlig variabel transmisjon. Man har søkt å løse dette ved hydraulisk overføring av dreiemomentet fra motoraksel til drivhjul. Dette er de såkalte torqueconverters, eller dreiemomentomformere. Da effekttapet er større ved slike transmisjoner enn ved de mekaniske transmisjoner, og da effekttapet varierer betydelig med turtallet (FRUDDEN 1949), ville kraftkurven bli noe lavere enn den idealkurve som er vist i fig. 114. På den annen side unngår vi krafttap og effekttap i form av feilaktig valt tidspunkt for gearskiftingen og fordi motoren må kobles ut hver gang man skifter gear. Det er derfor et spørsmål om ikke de fordeler man oppnår ved en kontinuerlig variabel transmisjon oppveier mangelen ved den lavere virkningsgrad.

Eksempel 5. I det følgende vil bli vist et eksempel på anvendelse av friksjons- og rullemotstandskoeffisienter til beregning av den lasstørrelse som egner seg for Ferguson halvbeltetraktor og Moelv-doning nr. 154 III, når den kjører med maksimal virkningsgrad på en snepakket vei. Snetemperaturen er $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$. Vi regner med et beltetrykk på 2,11 tonn (se fig. 112), da dette gav størst virkningsgrad av de undersøkte alternativer. I nedenstående beregning vil følgende betegnelser bli brukt:

Q = traktorens totalvekt = 2,51 tonn.

Q_d = doningens + lassets vekt ved meiene i tonn.

B_t = belastning fra doning og tømmer på trekkrok $\sim 1,07$ tonn.

T_1 = trekkraft i kilo (se fig. 112 og tabell 11).

1 gear: $T_1 = 840$ kg

2 gear: $T_1 = 780$ »

3 gear: $T_1 = 620$ »

4 gear: $T_1 = 260$ »

fg = meienes friksjonskoeffisient under bevegelse. = 25 kg pr. tonn (se tabell 1).

fr = traktorens rullemotstandskoeffisient (se tabell 6).

1 gear: fr = 50 kg/tonn

2 gear: fr = 55 »

3 gear: fr = 58 »

4 gear: fr = 60 »

s = veiens stigning i ‰.

Først beregnes hvilken lasstørrelse man kan kjøre med på 1. gear, når de bratteste motbakker er $s = 67$ ‰ (ca. 1 : 15). Under kjøringen må trekkraften være like stor som summen av bakkemotstanden, meiefriksjonen og rullemotstanden for den del av lasset som hviler på trekkroken:

$$T_1 = (Q + Q_d) \cdot s + Q_d \cdot fg + B_t \cdot fr \quad (21)$$

Hvorav kan utledes:

$$Q_d = \frac{T_1 \div Q \cdot s \div B_t \cdot fr}{s + fg} \quad (22)$$

$$Q_d = \frac{840 \div 2,51 \cdot 67 \div 1,07 \cdot 50}{67 + 25} = \underline{6,72 \text{ tonn}}$$

Da doningen veier 0,45 tonn (se tabell II), blir lasstørrelsen under forutsetning av at tømmerets volumvekt er 800 kg/m³:

$$B_t + Q_d \div 0,45 = 1,07 + 6,72 \div 0,45 = 7,34 \text{ tonn eller } \underline{9,18 \text{ m}^3}$$

Av fig. 112 ser man at den maksimale trekkraft før motoren kveles er større enn den trekkraft som gir størst mulig virkningsgrad på 1. gear. Vi har altså en viss sikkerhet under kjøring av 9,18 m³ lass opp en stigning på 67 ‰. Sikkerhetsfaktoren er $1210 : 840 = 1,4$.

I kapitel 312.11, side 416 har vi diskutert hvilken lasstørrelse som gir minimal meiefriksjon. For Moelvdoning nr. 145, III var den optimale lasstørrelse 7,4—10,0 m³ når snetemperaturen varierte fra $\div 2^{\circ}\text{C}$ til $\div 10^{\circ}\text{C}$. Da var belastningen på trekkroken $B_t = 1,12$ tonn med forbank i midtstilling. Det er derfor ganske god overensstemmelse mellom den lasstørrelse som gir minst mulig meiefriksjon for denne donings vedkommende, og lasstørrelsen som gir Ferguson størst mulig virkningsgrad når den bratteste motbakke er 67 ‰. I eksempel 2 under kapitel 312.3 side 516 har vi dessuten vist at den belastning som passer best for motorens størrelse er 1,23 tonn, eller et beltetrykk på 2,27 tonn. Disse forhold viser også at Moelvdoning nr. 154 gir meget gunstige belastningsforhold for Ferguson-traktoren.

Vi vil regne ut den stigning Ferguson kan kjøre lasset opp på de øvrige gear. Av formet (21) kan vi utlede:

$$s = \frac{T_1 \div Q_d \cdot f_g \div B_t \cdot f_r}{Q + Q_d} \quad (23)$$

Ved innsetting av verdiene i formelen finner vi at Ferguson kan trekke 9,18 m³ opp følgende stigninger på 2. gear:

$$s = \frac{780 \div 6,72 \cdot 25 \div 1,07 \cdot 55}{2,51 + 6,72} = \underline{60 \text{ ‰}} \text{ (ca. 1 : 17)}$$

På tilsvarende måte finner vi maksimumsstigningen for:

$$3. \text{ gear: } s = \underline{42 \text{ ‰}} \text{ (ca. 1 : 24)}$$

$$4. \text{ gear: } s = \underline{3 \text{ ‰}} \text{ (ca. 1 : 333)}$$

Man ser at det er forholdsvis stor forskjell på 3. og 4. gear, og for å kunne kjøre dette lass på 4. gear må veien være praktisk talt horisontal.

Ved hjelp av formel (22) kan vi også finne hvilke lasstørrelser Ferguson kan trekke opp motbakker av varierende bratthet på 1. gear. Resultatet av en slik beregning er fremstillet grafisk i fig. 115. Det fremgår av figuren at motbakkene har meget stor betydning for transportkapasiteten. Man må være meget forsiktig med å legge bratte motbakker i traktorveien. Da en stigning på 67 ‰ gir en lasstørrelse som tilsvarende minimal meiefriksjon, samtidig som traktoren greier å kjøre dette lass på høygear på horisontal vei, vil vi betrakte denne stigning som grensen for hva man må

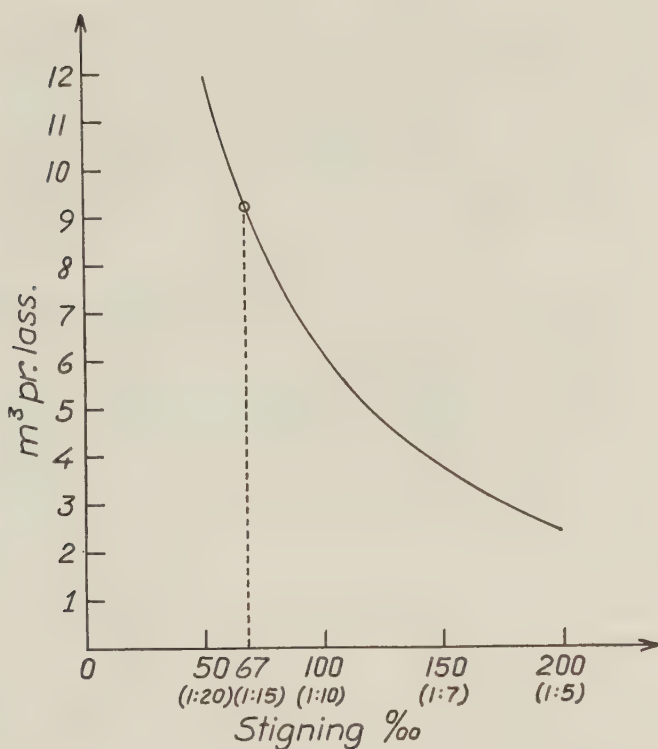


Fig. 115. Sammenheng mellom motbakkenes stigning og lasstørrelsen. Ferguson med halvbelter og Moelv-doning nr. 154 II. Meiefriksjon = 35 kg pr. tonn. Belastning på trekkrok = 1,07 tonn.

Variation of payload with uphill gradient. Ferguson with half-tracks and Moelv twin-sled no. 154 II. Friction of runners = 35 kgs pr. ton. Load on draw-hook = 1,07 ton.

kreve av en høyverdig traktorvei. Fig. 115 gir et inntrykk av hvor meget lassene må reduseres om der forekommer brattere motbakker enn dette i veien. Her er det forutsatt en konstant belastning av 1,07 tonn på trekkroken, hvilket fører til at forholdsvis liten del av lasset hviler på meiene for de minste lassenes vedkommende. Da meiefriksjonskoeffisienten er mindre enn traktorens rullestand, vil det være riktig å redusere belastningen på trekkroken en del for de små lass. Dette vil føre til noe større lass i de bratteste motbakker enn det som fig. 115 viser.

I det foregående har vi regnet med en meiefriksjonskoeffisient

på $f_g = 25$ kg/tonn. Ved hjelp av formel (22) kan vi regne ut hvor store lass traktoren kan trekke opp 67 ‰ stigninger på 1. gear, når meiefriksjonskoeffisienten varriere. Under forusetting av størst mulig virkningsgrad for traktoren, gir dette følgende maksimallass:

$$\begin{array}{lll} f_g = 25 \text{ kg/tonn} & \text{tilsvare} & \text{lasstørrelse } 9,18 \text{ m}^3 \\ f_g = 50 \text{ kg/tonn} & \text{»} & \text{»} \quad 7,38 \text{ m}^3 \\ f_g = 100 \text{ kg/tonn} & \text{»} & \text{»} \quad 5,40 \text{ m}^3 \end{array}$$

Føreforholdene har derfor stor betydning for hvilke lasstørrelser man kan transportere. Så store lass som $9,18 \text{ m}^3$ kan man bare kjøre når veien er ferdigpakket og i god stand.

Det har en viss interesse å se hvor fort traktoren stopper under full avbremsing av slike lass. Traktorens reardasjonskrefter er følgende:

$$T_2 = B \cdot f_u + Qd \cdot f_g + Q \cdot f_r \quad (24)$$

Ved innsetting av $B = 2,11$ tonn (beltetrykket mot bakken) og $f_r = 600$ kg/tonn (beltenes friksjonskoeffisient) får vi:

$$T_2 = 2,11 \cdot 600 + 6,72 \cdot 25 + 2,51 \cdot 60 = 1585 \text{ kg.}$$

Denne kraft må overvinne kraften ifølge traktorens og lassets kinetiske energi som kan beregnes slik:

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{Q + Qd}{9,82} \cdot \frac{V^2}{2D} \cdot \frac{1000^2}{3600^2} = \frac{(Q + Qd) \cdot V^2}{254,5 \cdot D} \\ D &= \frac{(Q + Qd) \cdot V^2}{254,5 \cdot T_2} \end{aligned} \quad (25)$$

Her er V = hastigheten i km pr. time, og D = avstanden fra full avbremsing begynner til traktoren stopper.

Ved innsetting i formel (25) finner vi bremselengden slik:

$$\frac{(2,51 + 6,72) \cdot V^2}{254,5 \cdot 1,585} = \frac{9,23}{403,4} \cdot V^2$$

Med en hastighet av 10 km/time blir bremselengden $D = 2,3$ meter og med 20 km/time blir bremselengden $D = 9,2$ meter.

Traktorføreren trenger en viss tid fra han oppdager faremomentet til han slår bremsene inn. Denne tid kalles reaksjonstiden, og kan settes til 1,5 sek. (GREENSHIELDS 1937, WEHNER 1939, KAHRS 1946). Da traktoren på 1,5 sek. tilbakelegger 4,2 meter ved

10 km/time og 8,3 meter ved 20 km pr. time, blir den samlede veilengde som trengs fra traktorføreren oppdager faremomentet til den stopper etter avbremsing, 6,5 meter når hastigheten er 10 km/time, og 17,5 meter når hastigheten er 20 km pr. time på horisontal vei.

Hvor bratt utforbakke kan traktoren holde igjen lasset (9,18 m³) uten å aksellerere?

$$(Q + Qd) \cdot s = B \cdot fu + Qd \cdot fg + Q \cdot fr$$

$$s = \frac{B \cdot fu + Qd \cdot fg + Q \cdot fr}{Q + Qd} \quad (26)$$

$$s = \frac{2,11 \cdot 600 + 6,72 \cdot 25 + 2,51 \cdot 50}{2,51 + 6,72} = 169 \text{ ‰}$$

Traktoren kan altså holde igjen dette lass i utforbakker med helling opp til 169 ‰ eller 1 : 5,9.

32. ARBEIDSSTUDIENE

Arbeidsstudiene omfattet tidsstudier over transportarbeidene samt på- og avlessingsarbeidene for å finne prestasjonenes variasjon med transportforholdene ved anvendelse av forskjellige transportmetoder. Arbeidsstudienes gjennomføring er beskrevet i kapitel 22.

321. Underveistidene.

Disse tider omfatter tømmerkjøringen fra lunne til velteplas- og returkjøringen fra velte- til lunneplass. Underveistidene omfatter også rundkjøringen ved lunne og velte, og vi har skilt mellom heste- og traktortransporter.

321.1 Hestetransport.

Hesten skiller seg fra traktoren som trekkraft bl. a. ved at den ved siden av sine motoriske egenskaper er utstyrt med en viss tankevirksomhet, slik at den kan øves opp til å utnytte og avpasse sine krefter etter det arbeide og den påkjenning den blir utsatt for. Under traktortransport er den tilsvarende oppgave helt overlatt traktorføreren. Mens hesten til enhver tid føler sin anstrengelse



*Fig. 116. 5 m³ hestelass på VSA doning.
5 cu. meter load on VSA twin-sled.*

og kan avpasse sin innsats etter dette, må traktorføreren avpasse traktorens innsats etter beste skjønn og ved hjelp av måleinstrumentene. Vi kan si det slik, at hesten har en automatisk regulator, nemlig sitt nærvesystem som virker øyeblikkelig, og hestens lynne avgjør i hvilken grad den søker å overvinne anstrengelsene til enhver tid.

Dette er en vesentlig fordel, fordi hesten i høyere grad enn traktoren kan nyttiggjøre seg de varierende forhold langs transportveien. Vi kjenner til at hesten setter opp sin hastighet når den møter en kortere motkneik langs veien. Den søker å springe opp kneiken med lasset. Rent følelsesmessig søker den å dra nytte av sin egen og lassets kinetiske energi for å overvinne den kommende anstrengelse. Det er også kjent at når lasset møter en terrenghindring, f. eks. når lasset kjører mot en stubbe, stopper den før den har satt inn sin maksimale trekkraft. Først på et vink fra kjørekaeren setter den sine største krefter inn. Den trekker seg til-

bake i draget, og kaster seg fremover. Også i dette tilfelle søker den å dra nytte av sin kinetiske energi for å overvinne påkjenningen. Det samme gjør seg gjeldende under løsrykningen av et lass som er fastfrosset til bakken. Det er derfor av stor betydning med et godt samarbeide mellom kjørekar og hest. Kjørekarer må lære seg å kjenne hestens trekkraftegenskaper, samtidig som han må forstå hestens lynne så han aldri truer den til en større innsats enn den kan makte i det lange løp. Derved lærer hesten seg å stole på kjørekarer, så den dels arbeider ut fra sitt eget instinkt, og dels etter kjørekarers råd og vink, med trygg forvissning om at dette fører til et heldig resultat.

Mens kjørekarer i første rekke samarbeider med sin hest, utnytter eller bruker traktorføreren sin traktor. Disse forhold gjør at hesten arbeider med en høyere utnyttelsesgrad enn traktoren. Spørsmålet om hestens virkningsgrad har hittil vært lite belyst med vitenskapelige forsøk. Vi kommer senere tilbake til at hesten vanligvis utfører en effekt på 1—2 hestekrefter under kontinuerlig arbeid. I transportarbeide har man regnet med at hesten øver en nyttbar effekt tilsvarende 4—6 av traktor-hestekreftene (FRANKE 1954).

Det forhold at vi til en viss grad er avhengig av hestens egen vurderingsevne under transportarbeide har også sin svake side. Det har f. eks. stor betydning at hesten har øvelse i den spesielle arbeidsoppgave. Et eksempel på øvelsens betydning er vist av SAMSET (1954). En hest som var vant til å trekke plog i steinrik mark, hadde lært seg å stoppe når plogen buttet mot stein. Den var derfor helt uskikket til å trekke markberedningsharv, fordi den stoppet opp i det øyeblikk harven tok tak. Først etter en del øvelse greidde hesten å mestre den nye arbeidsrytme. At hestens lynne og arbeidsvillighet har stor betydning er alminnelig kjent. Det er et spørsmål man må ta hensyn til ved valg av hest for transportoppgavene.

Undersøkelsen av hestens arbeidsytelse og effekt har hittil begrenset seg til rene trekkprøver. I Finnland har man utført disse prøver ved hjelp av en bremsevogn, idet hesten trekker en personbil som bremses av. Trekkraften avleses på en strekkmåler mellom bilen og hestedraget. Ifølge VAINIKAINEN (1950) må hesten først gå med en trekkmotstand som tilsvarer 20 % av dens vekt over en 500 meters strekning. Etter en hvil på 3 minutter begynner selve prøven som foregår på en 500 meters horisontal

bane. Først kjører man 50 m med en trekkmotstand på 25 % av hestens vekt. Etter 2 min. hvil kjører man 50 m med 30 % av hestevekten, og slik fortsetter man med å øke trekkmotstanden med 5 % hver gang til man når grensen for hva hesten greier uten å overanstrenge seg. Maksimumsgrensen godtas bare hvis hesten greier en trekkmotstand på ytterligere 5 % av sin egen vekt over en strekning på 20 meter.

TERHO (1942) gjennomførte en slik undersøkelse for 539 hester. Han fant at hastigheten var uavhengig av hestens vekt, men derimot var det en tendens til økende trekraft med økende hestevekt. Materialet hadde imidlertid meget stor spredning, hvilket er naturlig i betraktning av at vekten ikke kan gi noen fullstendig beskrivelse av hestens fysiologiske egenskaper. En faktor som spiller en betydelig rolle i denne forbindelse er hestens kondisjon og trenings-tilstand. Fra den manuelle arbeidskraft og idretten kjenner vi jo til at effekten øker med kondisjonen. Det er således rimelig at en hest greier større påkjenninger ved slutten av transportsesongen enn i begynnelsen. Vi kunne merke en slik tendens i våre forsøk, men materialet er ikke tilstrekkelig til å gi noe fullstendig uttrykk for denne tendens. Disse spørsmål er imidlertid så interessante for forståelsen av hestetransporten at de bør bli gjenstand for en egen undersøkelse.

JOHANSSON (1944) foretok en utjevning av Terhos materiale, og kom frem til en middelverdikurve som gir sammenhengen mellom hestens vekt og maksimale trekraft. Kurven kan tilnærmet beskrives med følgende formel:

$$T_1 = 0,45 \cdot Q_h + 66. \quad (27)$$

Her er Q_h = hestens vekt i kg og T_1 = trekraften i kg. Dette betyr at hestens maksimale trekraft ifølge Terho vanligvis er 55—60 % av hestens vekt.

Normalt arbeider en hest med langt mindre trekraft enn dette. K. ERIKSSON (1947) mener at den normale trekraft for en hest som går i kontinuerlig transportarbeide er ca. 10 % av sin totalvekt. På den annen side kan en hest utvikle en trekraft på opptil 80—90 % av sin vekt over et kortvarig tidsrom (5—10 sekunder). Energien til den kortvarige maksimale kraftutvikling leveres ikke gjennom forbrenning under opptagelse av surstoff, men gjennom anaerob spalting av muskelglykogen til melkesyre. Det oppstår en surstoffgjeld som må betales gjennom en forsert ånding og hjerte-

virksomhet under den avspenning som følger etter den maksimale innsats. Den kortvarige maksimale trekkraft gjennomføres praktisk talt uten at hesten ånder. Ved langvarige belastninger av lavere trekkmotstand skjer energitilførselen gjennom forbrenning av næringsstoffer under surstoffopptagelse. Utholdenhetsprøver blir derfor mere et mål på surstofftilførselen, altså ånding og hjertevirksomhet. Ved fremtidige undersøkelser av hestens arbeid og effekt bør derfor fysiologiske målinger inngå i forsøkene. Her kan man sikkert dra nytte av de omfattende undersøkelser av lignende art som er utført for den menneskelige arbeidskraft. (ZOTTERMAN og LUNDGREN 1948 m. fl.).

Et av de spørsmål som slike undersøkelser ville gi svar på, er hvor lang tid en hest kan gå med en trekkraft som overstiger det normale. Inntil slike undersøkelser foreligger er vi avhengig av praktiske erfaringer på området. LIDSTRÖM (1945) angir følgende erfaringstall, som viser den maksimale veilengde hesten kan gå med varierende trekkraft:

Hestens trekkraft i kg	Veilengde for vedkommende trekkraft i meter
100 kg	over 5000 m
150 »	300 »
200 »	125 »
250 »	75 »
300 »	60 »

Nærværende undersøkelser omfatter tidsstudier over tømmertransport på snepakket vei i løpet av to driftssesonger (tabell I). Det ble anvendt to hester med gjennomsnittlig vekt 595 kg, og da det var innlagt strekkmåler i hestedraget kunne tidsstudiene referere seg til trekkmotstandens størrelse. Det viste seg at hestens gjennomsnittlige trekkraft i løpet av de to driftssesonger var:

$$T_1 = 135,28 \pm 2,65 \text{ kg.}$$

Denne trekkraft representerer 23 % av hestens totalvekt, og 41 % av den maksimale trekkraft som etter Terhos forsøk er 334 kg (formel (27)).

Ifølge tabell 1 kan vi regne med en friksjonskoeffisient mellom meier og jevn snepakket veibane på $f_g = 35 \text{ kg/tonn}$ for store deler av vinteren. Med doningvekt 0,2 tonn, og tømmervolumvekt

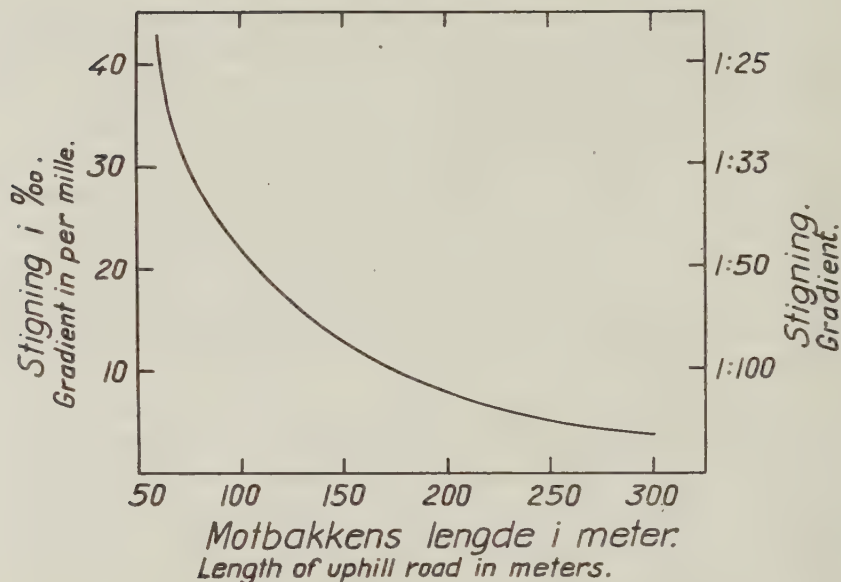


Fig. 117. Maksimale stigninger ved varierende lengde av motbakker under kjøring med fulle hestelass.

Maximum uphill gradient on different lengths of road with fully-loaded horse sleds.

800 kg/m³ gir den observerte gjennomsnittskraft grunnlag for å kjøre 4,58 m³/lass på horisontal vei. Over en kortere veistrekning kan hesten utvikle større krefter enn 135,28 kg. Hesten kan derfor gå opp slakkere motbakker med dette lass når bakkene ikke er for lange. Motbakkenes stigninger kan regnes ut etter formelen:

$$s = \frac{T_1 \div Q \cdot fg}{Q} \quad (28)$$

Hvis lassets og doningens vekt er $Q = 3,86$ tonn (tilsvarer 4,58 m³/lass), $fg = 35$ kg/tonn, og den trekkraft hesten kan yte i en 60 m lang motbakke $T_1 = 300$ kg blir stigningen:

$$s = \frac{300 \div 3,86 \cdot 35}{3,86} = 42,7 \text{ ‰ eller } 1 : 23,4.$$

Ved å sette Lidströms erfaringsstall inn i formel (28) kan vi finne hvilke stigninger man ikke må overskride for at hesten skal kunne trekke fulle lass (4,58 m³/lass) opp motbakker av forskjellig lengde. Resultatet av en slik beregning er fremstillet grafisk i fig.

117. Man ser at en hestevei av beste klasse, som skal gi grunnlag for kjøring av fulle lass må bygges flat, og med meget slakke motbakker.

For å finne frem til hellingsforholdene i utforbakkene må man kjenne hvilken bremsekraft hesten kan yte. Videre må man kjenne hvilke friksjonskoeffisienter man kan regne for en eller annen bremseanordning på doningen. Da vi foreløpig mangler erfaringstall for disse forhold, og da denne undersøkelse begrenser seg til veier med slakke utforbakker, har vi intet grunnlag for å gi eksakte opplysninger om utforbakkenes hellingsforhold. Spørsmålet er imidlertid viktig, og vil bli gjenstand for en egen undersøkelse. Inntil denne foreligger må man begrense seg til kalkyler over spørsmålet, idet man anvender friksjonskoeffisienter ifølge tabell 1, og anslår bremsekrefter ifølge hest og brems på doningen.

Det er av interesse å se hvilken reduksjon i lasstørrelsen man får når motbakkene er brattere enn de som er oppgitt i fig. 117. Ved å anvende den doningvekt og tømmer volumvekt som fig. 117 forutsetter, kan lasstørrelsen i de forskjellige motbakker beregnes på følgende måte:

$$M^3 = \frac{T_1}{(fg + s) \cdot 0,8} \div 0,25 \quad (29)$$

Resultatet av en slik beregning er gitt i tabell 13, hvor vi har regnet ut lassreduksjonen i prosent av fullt lass. Man ser at lassreduksjonen er større jo brattere og lenger motbakkene er, men brattheten spiller størst rolle. Er f. eks. motbakken 100 meter lang og stigningen 50 ‰ (1 : 20) er lassreduksjonen 34,9 %, hvilket tilsvarer 2,98 m³/lass.

Tidsnoteringene ble omregnet til kjøretider i minutter pr. 100 meter. Total kjøretid er summen av effektiv kjøretid og hviletid. Det viste seg at tiden for kjøring med tømmerlass varierte med trekkmotstanden etter formelen:

$$kj = b_2 \cdot T_1 + a. \quad (30)$$

Tabell XXVI viser resultatet av den numeriske utjevning av materialet. I fig. 118, 119 og 120 er resultatet fremstillet grafisk. Tabell 14 er regnet ut på grunnlag av de utjevnete funksjoner, og her er kjørehastigheten oppgitt i km/time, samt hestens hviletid i prosent av total kjøretid.

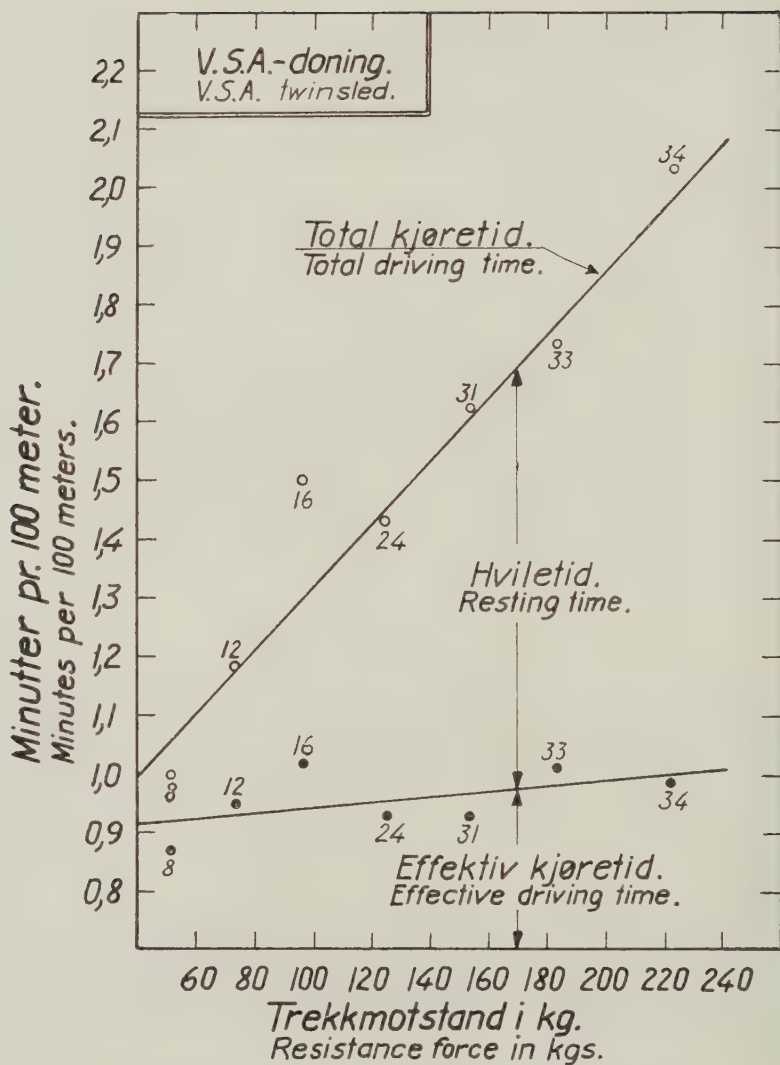


Fig. 118. Sammenheng mellom trekkmotstanden og total kjøretid, hviletid og effektiv kjøretid for hest, VSA doning.

The variation of total driving time, resting time and effective driving time for horses, with the resistance force. VSA twin-sled.

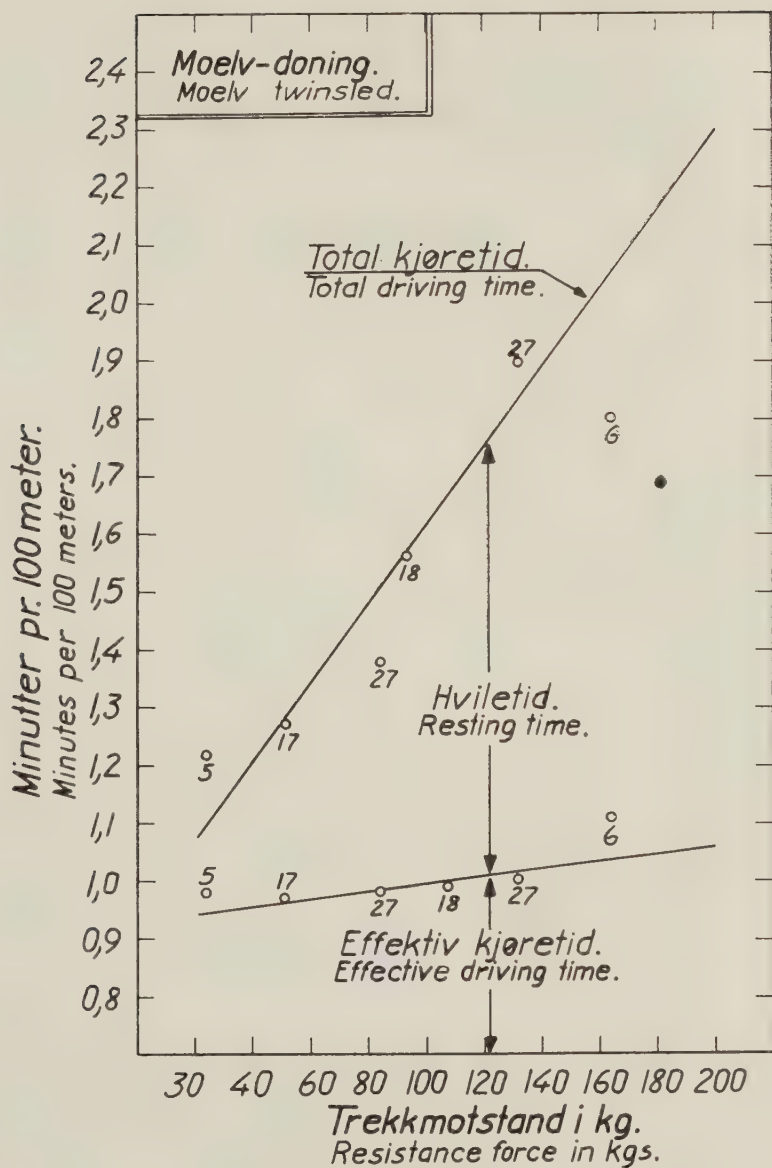


Fig. 119. Sammenheng mellom trekkmotstand og total kjøretid, hviletid og effektiv kjøretid for hest. Moelv doning nr. 144.

The variation of total driving time, resting time and effective driving time for horses, with the resistance force. Moelv twin-sled no. 144.

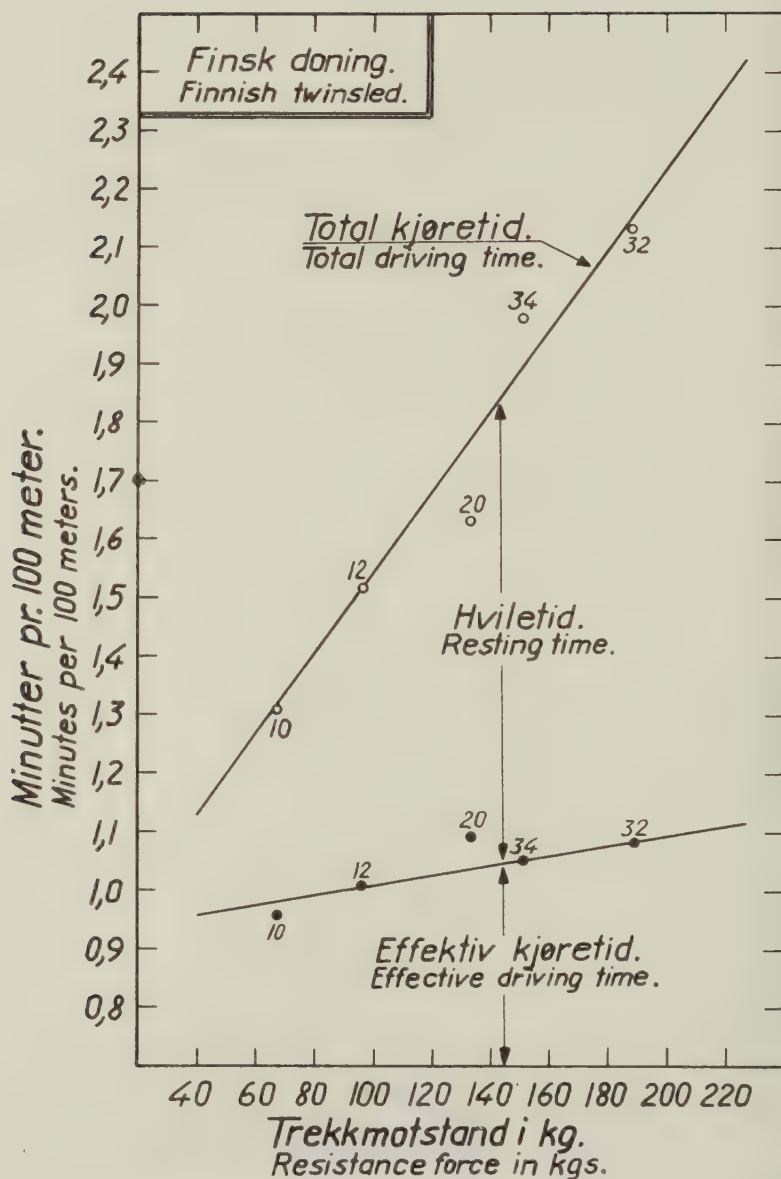


Fig. 120. Sammenheng mellom trekkmotstand og total kjøretid, hviletid og effektiv kjøretid for hest. Finsk doning.

The variation of total driving time, resting time and effective driving time for horses, with the resistance force. Finnish twin-sled.

Ifølge SUNDBERG (1953) viser tidsstudier gjennomført av Föreningen Skogsarbetens och Kungl. Domänstyrelsens Arbetsstudieavdelning, at kjørehastigheten med hest er forholdsvis uavhengig av veitype og lasstørrelse. Den gjennomsnittlige kjørehastighet var 6 km pr. time. Den effektive kjørehastighet i våre forsøk er av samme størrelsesorden, men hastigheten avtar fra ca. 6,6—5,5 km pr. time når trekkmotstanden øker fra 30—240 kg. (Tabell 14). Korrelasjonen mellom effektiv kjøretid pr. 100 meter og trekkmotstanden er imidlertid liten (tabell XXVI).

Av større interesse er det å se hvilke totale kjøretider man må regne med. Når hesten trekker et tømmerlass langs veien, stopper den med visse mellomrom for å hvile. Hviletiden er omregnet til gjennomsnittstid pr. 100 meter, og vi ser at den øker sterkt med økende trekkmotstand. Med Moelv-doning nr. 144 representerer hviletiden 17 % av total kjøretid ved 30 kg trekkmotstand. Men når trekkmotstanden er 240 kg, representerer hviletiden 58 % av total kjøretid. Den totale kjøretid pr. 100 m øker derfor raskt med økende trekkmotstand, hvilket resulterer i at bruttokjørehastigheten avtar i tilsvarende grad. Er den gjennomsnittlige trekkmotstand 135 kg blir den effektive kjørehastighet med VSA-doning 6,3 km/time, med Moelvdoning 6,0 km/time og med Finsk doning 5,9 km/time. Brutto kjørehastighet blir betydelig lavere, nemlig 4,0 km/time, 3,2 km/time og 3,4 km/time for de tre doninger.

Ved hjelp av de hastigheter (V i km/time) og trekkrefter (T_1 i kg) som er oppgitt i tabell 14 kan vi finne hestens nyttbare effekt ved hjelp av formelen:

$$Hk = \frac{V \cdot T_1}{270} \quad (31)$$

Dette er utregnet for de tilfeller hesten trekker VSA-doningen og Moelv-doningen og resultatet sees av fig. 121. Man ser at effekten under kjøring varierer fra ca. 1,0 til 4,9 Hk for VSA-doningen og fra ca. 0,9 til 4,5 Hk. for Moelvdoningen, når trekkraften øker fra 40 til 220 kg. Ved å trekke fra effekttapet ifølge hestehvile, fremkommer den nyttbare effekt. Denne varierer fra ca. 0,9 til 2,5 Hk med VSA-doningen og fra ca. 0,7 til 2,0 Hk med Moelvdoningen.

Begrepet hestekraft ble innført av JAMES WATT. Han anslo hestens gjennomsnittlige effekt til 75 kg m/sek., og denne effekt-enhet har senere blitt anvendt under betegnelsen hestekraft.

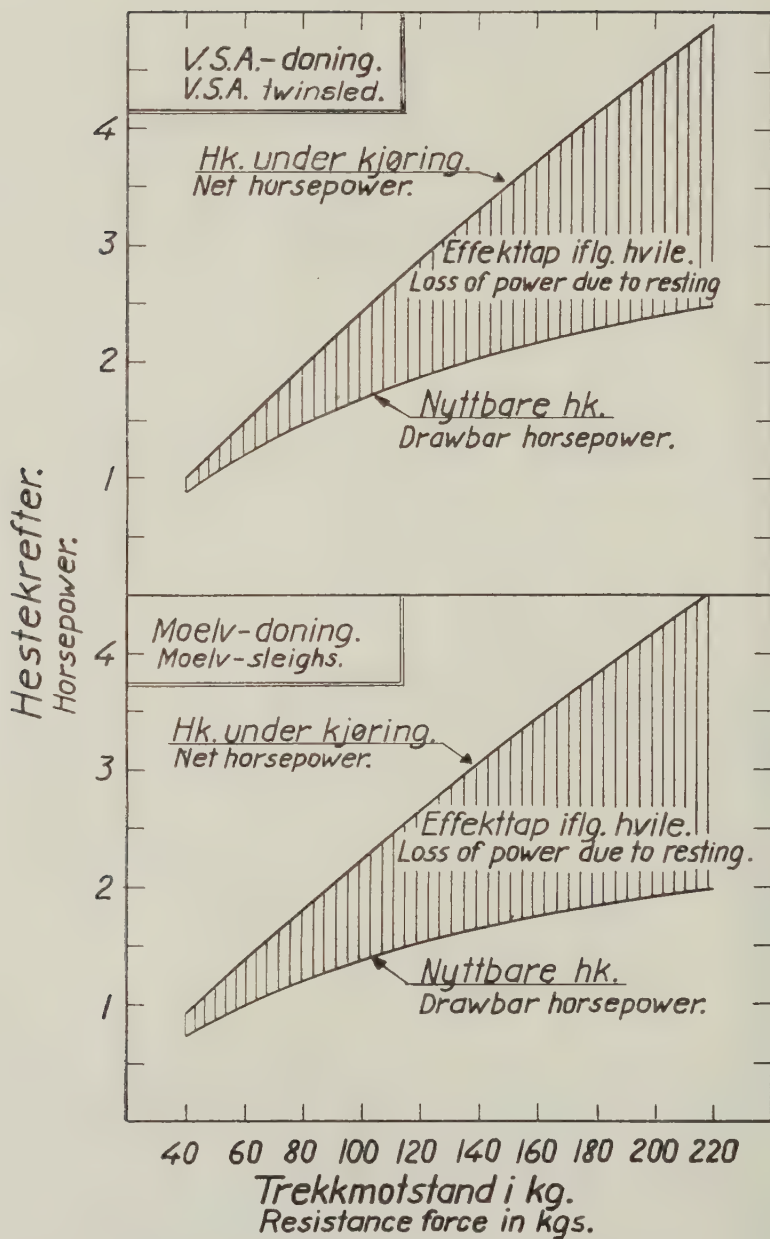


Fig. 121. Hestens effekt under kjøring med lastet doning på vinterføre.
The horse's power when driving with loaded sleds on snow-roads.

FRANKE (1954) hevder at hestens gjennomsnittsyttelse over et lengre tidsrom er noe mindre enn en hestekraft, nemlig 0,72 Hk. Andre undersøkelser viser at hvis hesten veier 600 kg, kan den under kontinuerlig arbeid i løpet av flere timer utvikle en gjennomsnittlig effekt på 2,85 Hk. (BRODY 1936 og 1937, LIDSTRØM 1945). Ovenfor har vi sett at hestens gjennomsnittlige trekkraft i våre forsøk var 135,28 kg. Ved hjelp av de tilsvarende kjørehastigheter har vi funnet hestens gjennomsnittseffekt i løpet av arbeidsdagen for de tre doningstyper (tabell 15). Disse tall er representative, fordi de er gjennomsnittsverdier under transport i løpet av 2 driftssesonger. Man ser at med VSA-doningen er hestens gjennomsnittlige effekt 3,14 Hk under effektiv kjøring, og den nyttbare effekt 1,99 Hk.

Under transport med de to øvrige doninger er effektene noe lavere. En sammenligning av figurene 118, 119 og 120 viser også at kjøretiden pr. 100 meter er lavere under transport med VSA-doningen enn med de to øvrige doninger. Derimot er det ingen særlig forskjell mellom Moelv-doningen og den Finske doning i så måte. Særlig er den totale kjøretid lavere for VSA-doningen enn for de øvrige doninger. Grunnen er at hesten har anvendt mindre tid til hvilepauser under transport med VSA-doningen. Denne doning skiller seg i første rekke fra de andre ved at det er hengslet opplagring mellom banker og meier. Doningen går derfor mykt, idet meiene ledig følger terrengujevnheten. Så vel tabell 14 som 15 viser at forholdet spiller en ganske betydelig rolle for transporteffektiviteten. Ved fremtidige konstruksjoner av hestedoninger bør man derfor arrangere hengslet opplagring mellom meier og banker.

I motsetning til Moelv-doningen og den Finske doning hadde VSA-doningen hengslet opplagring mellom tverrtre og skokler. Dette er antagelig en fordel, fordi slike skokler følger hestens bevegelser helt ut. Forholdet har imidlertid ikke kommet til uttrykk i nærværende forsøk, fordi vi brukte et drag med innebygget strekkmåler for alle doningene. Dette drag hadde stiv forbindelse mellom skokler og tverrtre.

Tiden for returkjøring fra velte til lunne varierte lite for de tre doninger. Det var dog en tendens til lavere kjøretid for VSA-doningen, men tendensen er ikke sikker. (Tabell 16). Den gjennomsnittlige kjøretid for alle tre doninger, iberegnet hestens hvilepauser, er 1,26 minutter pr. 100 meter, hvilket tilsvarer en gjennom-

snittlig kjørehastighet av *4,76 km pr. time*. Dette gjelder kjøring på hesteveier hvor motbakkene (i lassretningen) med stigning 20—50 ‰ utgjorde 16 % av veilengden, og > 50 ‰ 5 % av veilengden. Utforbakker med helling 20—50 ‰ representerte 23 % av veilengden og > 50 ‰ 18 % av veilengden. Hvor veien har lange og bratte utforbakker i lassretningen, vil effekttapet i form av hestens egentransport volde lange hvilepauser for hesten, så kjøretiden pr. 100 meter blir større enn for kjøring på god vei. Dette spørsmål vil bli tatt opp som en egen undersøkelse senere.

Undersøkelsene viste følgende tider for inn- og utkjøring ved lunne og velte:

Innkjøring til lunne:	2,00 ± 0,19 min/lass
Utkjøring fra lunne:	1,13 ± 0,12 »
Innkjøring til velte:	0,92 ± 0,07 »

Det var ingen merkbar forskjell under kjøring med de tre doninger, og sammenlagt representerer disse mengdefaste hjelpetider *4,05 minutter pr. lass*. Her var så vel lunner som velter lagt like inn til hesteveien.

Ved hjelp av transporttiden med lass, ifølge tabell 14, returkjøringstiden med tom doning og inn- og utkjøringstidene ved lunne og velte, kan vi finne underveistidene (se fig. 32), idet vi holder mengdevariable hjelpetider som snepakking og slådding m. v. utenom. Derved finner vi underveistidens andel av virketiden. Hvis vi legger tapstider under kjøringen til virketiden, får vi underveistidens andel av arbeidsplasstiden. Tapstidene representerte gjennomsnittlig $20,3 \pm 1,3$ % av virketiden. De utgjorde vesentlig hestetapstider, (fig. 33) med unntagelse av hestehvil. Denne taptid er nemlig tatt med som et effekttap under selve kjøringen.

Når man har funnet underveistidens andel av arbeidsplasstiden, samt lasstørrelsen, kan man finne prestasjonene under selve kjøringen. For å finne den samlede transportprestasjon må man også kjenne terminaltidene (på- og avlessingstider) — et spørsmål som skal behandles senere.

Eksempel 6.

Vi har tidligere sett at lasstørrelsen på horisontal vei er $4,58 \text{ m}^3/\text{lass}$, når tømmerets volumvekt er 800 kg/m^3 , doningen veier

0,2 tonn, og meienes friksjonskoeffisient er 35 kg/tonn. Da trekkkraften er $T_1 = 135$ kg blir kjøretiden med lass 1,51 min/100 meter. På en 1500 meter lang vei blir prestasjonen følgende, når vi ser bort fra på- og avlessing, samt veivedlikeholdsarbeider:

Kjøring med lass: 1500 m à 1,51 min/100 m	= 22,7 min/lass
Retur kjøring: 1500 m à 1,26 min/100 m ..	= 18,9 »
Rundkjøring ved lunne og velte	= 4,1 »
Virketid	45,7 min/lass
Tapstid (20,3 % av virketid)	9,3 »
Underveistidens del av produksjonstiden...	55,0 min/lass
Derved finnes prestasjonen slik: $\frac{4,58 \cdot 60}{55,0}$	= 5,0 m ³ /time

Eksempel 7.

Den samme vei har 4 motbakker med 50 ‰ stigning og 75 meters lengde. Videre er det to 300 meters motbakker med 20 ‰ stigning. Resten av veien er flat. Av tabell 13 ser man at de to 300 meters bakker begrenser lasstørrelsen til: $4,58 \cdot (1,00 \div 0,31) = 3,16$ m³. Dette gir følgende vekt av lass og doning: $Q = 3,16 \cdot 0,8 + 0,20 = 2,73$ tonn.

Hestens trekkraft kan så finnes på følgende måte:

300 meter motbakker: $T_1 = Q(fg + s) = 2,73 \cdot (35 + 20)$	= 150 kg
75 meter motbakker: T_1	= $2,73 \cdot (35 + 50) = 232$ »
Horisontal vei: T_1	= $2,73 \cdot (35 + 0) = 96$ »

De tilsvarende kjøretider med lass kan finnes ved hjelp av tabell 14, og dette gir følgende tider pr. lass:

Kjøring med lass: 600 m à 1,59 min/100 m	= 9,5 min/lass
300 m à 2,03 »	= 6,1 »
600 m à 1,30 »	= 7,8 »
Returkjøring... 1500 m à 1,26 »	= 18,9 »
Rundkjøring ved lunne og velte	= 4,1 »
Virketid	46,4 min/lass
Tapstid (20,3 % av virketid)	9,4 »
Underveistidens del av produksjonstiden	55,8 min/lass

Dette gir følgende prestasjoner når vi ser bort fra på- og avlesing, samt vedlikeholdsarbeider:

$$\frac{3,16 \cdot 60}{55,8} = \underline{\underline{3,4 \text{ m}^3/\text{time}}}.$$

I dette eksempel er altså prestasjonen under selve kjøringen 32 % lavere enn i forrige eksempel.

312.2 *Traktortransport.*

Prestasjonene under traktortransport på snepakkete veier ble belyst ved arbeidsstudier i Løten 1951 og på Sollihøgda i 1953. Da undersøkelsen refererer seg til hele driftssesongen etter at førstegangs snepakking var gjennomført, gir resultatet et godt bilde av prestasjonene under praktiske kjøreforhold. Det ble også utført en del tidsstudier under transport på den sålepakkete snevei i Drangedal 1951.

Vi tok med hjultraktorer som kunne tenkes å egne seg til transport på snepakket vei. Av halvbeltetraktorene valgtes Ferguson, David Brown og Bolinder Munktel. Derved fikk vi et utvalg av traktorer i forskjellige størrelsesklasser. Av 4-hjulsdrivne traktorer tok vi med MAN og Unimog. I Løtenforsøket hadde Fergusons motor 80 mm boring, men på Sollihøgda var motoren sterkere med 85 mm sylindreboring. Hvor intet spesielt er nevnt refererer resultatene seg til den sterkeste av de to motortyper. Alle de anvendte doninger overførte en del av tømmerets vekt til trekkroken, idet vi brukte Sesam-doning, Moelvdoning nr. 154 eller Falkdoning.

For traktorene Ferguson, Unimog og MAN undersøkte vi hastighetens variasjon med stigningsforholdene i veien ($\pm s$), snetemperaturen (t) og lasstørrelsen (M^3) under kjøring med lass på Moelv-doning nr. 154. Under transport med Unimog-traktoren var doningens trekkbom formet som en svane Hals, idet trekkroken var plassert foran bakakselen. (Fig. 128). Den numeriske utjevning av materialet fremgår av tabell XXVII hvor en del av forsøksutjevningene er tatt med. I fig. X er gitt en grafisk fremstilling av materialets spredning omkring funksjonene.

Man ser at hastigheten i km/time kan beskrives ved hjelp av formlene:



*Fig. 122. 9,8 m³ lass på Moelv doning. Ferguson med halv-
belter og traktorski. Løten 1951.*

*9,8 cu. meter timber on Moelv twin-sled. Ferguson with half-
tracks and tractor-skis.*



*Fig. 123. 9,8 m³ lass på Moelv doning. Ferguson med halv-
belter og traktorski. Løten 1951.*

*9,8 cu. meter timber on Moelv twin-sled. Ferguson with half-
tracks and tractor-skis.*



Fig. 124. 8,5m³ lass på Moelv doning. David Brown med halvbelter og traktorski. Sollihøgda 1953.

8,5 cu. meter timber on Moelv twin-sled. David Brown with half-tracks and tractor-skis.



Fig. 125. 8,5 m³ lass på Moelv doning. David Brown med halvbelter og traktorski. Sollihøgda 1953.

8,5 cu. meter timber on Moelv twin-sled. David Brown with half-tracks and tractor-skis.



Fig. 126. 7 m³ lass på Moelv doning. Bolinder Munktell med halvbelter. Sollihøgda 1953.

7 cu. meter timber on Moelv twin-sled. Bolinder Munktell with half-tracks.



Fig. 127. 12 m³ lass på Falk doning. Bolinder Munktell med halvbelter. Sollihøgda 1953.

12 cu. meter timber on Falk twin-sled. Bolinder Munktell with half-tracks.



Fig. 128. 6 m³ lass på Moelv doning. Unimog traktor. Sollihøgda 1953.

6 cu. meter timber on Moelv twin-sled. Unimog tractor.



Fig. 129. 6 m³ lass på Moelv doning. Unimog traktor. Sollihøgda 1953.

6 cu. meter timber on Moelv twin-sled. Unimog tractor.



Fig. 130. 11 m³ lass på Falk doning. MAN traktor. Sollihøgda 1953.

11 cu. meter timber on Falk twin-sled. MAN tractor.



Fig. 131. 11 m³ lass på Falk doning. MAN traktor. Sollihøgda 1953.

11 cu. meter timber on Falk twin-sled. MAN tractor.

Ferguson:

$$V = \div 0,0002 \cdot (200 \pm s)^2 + 0,397 \cdot t \div 1,053 \cdot M^3 \\ + 0,0018 \cdot (200 \pm s) \cdot M^3 \div 0,0020 \cdot (200 \pm s) \cdot t + 24,9 \quad (32)$$

MAN:

$$V = 0,051 \cdot (200 \pm s) \div 0,0003 \cdot (200 \pm s)^2 \div 1,184 \cdot M^3 \\ + 0,0036 \cdot (200 \pm s) \cdot M^3 + 18,8 \quad (33)$$

Unimog:

$$V = \div 0,0004 \cdot (200 \pm s)^2 \div 0,881 \cdot t \div 3,015 \cdot M^3 \\ + 0,0199 \cdot (200 \pm s) \cdot M^3 + 20,2 \quad (34)$$

Av tabell XXVII ser man at det er en meget høy korrelasjon mellom de observerte og utjevnete hastigheter, samtidig som materialets spredning omkring funksjonene er små. Da dessuten alle regresjonskoeffisienter er signifikante, har utjevningen lykkes ganske bra. I utjevningen av materialet for MAN's transport-hastigheter har vi sjaltet ut snetemperaturen, til tross for at temperaturens regresjonskoeffisient er signifikant i alternativ I. Dette kommer av at temperaturen varierte lite i det materiale som ble samlet inn for MAN-traktorens vedkommende. Størsteparten av materialet for denne traktor refererer seg til snetemperaturer omkring $\div 6^{\circ}\text{C}$.

Transporthastighetene kan regnes ut ved hjelp av de utjevnete funksjoner. Dette er utført for en del tilfeller, og resultatet er fremstillet grafisk i figurene 132 og 133. Av fig. 132 ser man hastighetens variasjon med stigningsforhold og laststørrelse under transport på en snepakket vei med temperatur $\div 6^{\circ}\text{C}$. Særlig er det interessant å legge merke til hastighetens variasjon med veiens hellingsforhold. Som ventet avtar hastigheten med økende bratthet i motbakkene. Men det er en vesentlig forskjell i hastighetsvariasjonen for de tre traktorer under kjøring i utforbakker. Under kjøring med Ferguson med halvbelter og traktorski øker hastigheten med økende helling i utforbakkene. For de 4-hjulsdrevne traktorer øker hastigheten til å begynne med når utforbakken blir brattere. Men når bakken blir tilstrekkelig bratt, avtar hastigheten igjen. Årsaken er at styreegenskapene under utforkjøring var betydelig bedre med Ferguson utstyrt med traktorski i stedet for forhjul enn med Unimog og MAN hvor svingingen skjedde ved

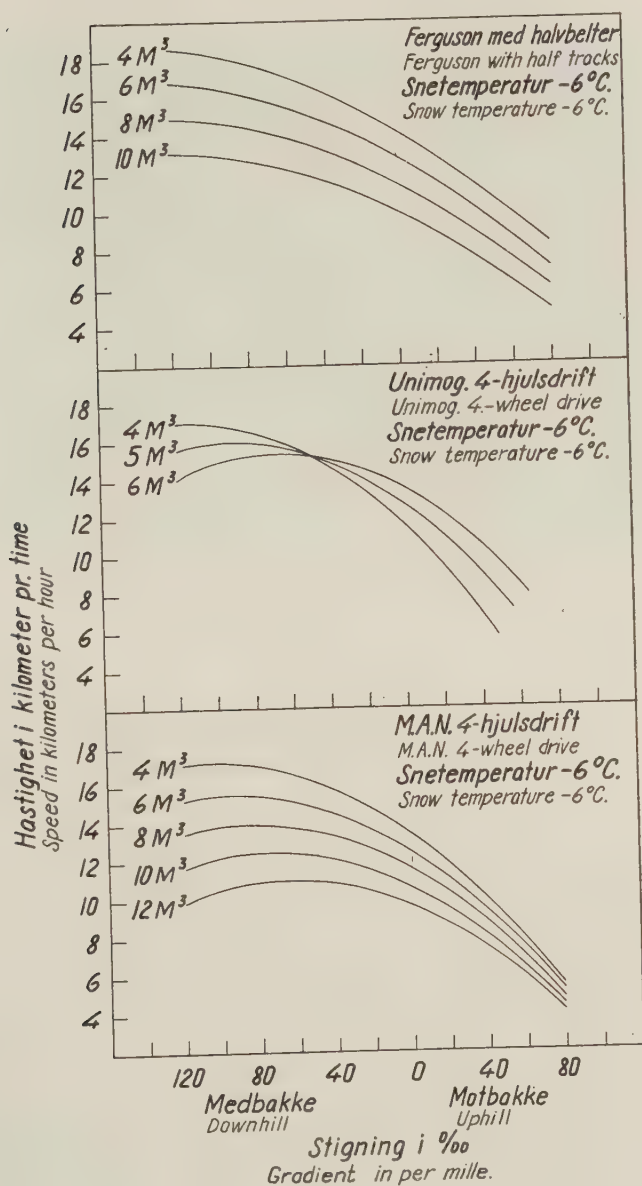


Fig. 132. Tømmertransport med traktor på snepakket vei. Kjørehastighetens variasjon med veiens stigningsforhold og lasstørrelsen.

Timber transport with tractor on compact snow-road. Variation of transport speed with the gradient and size of load.

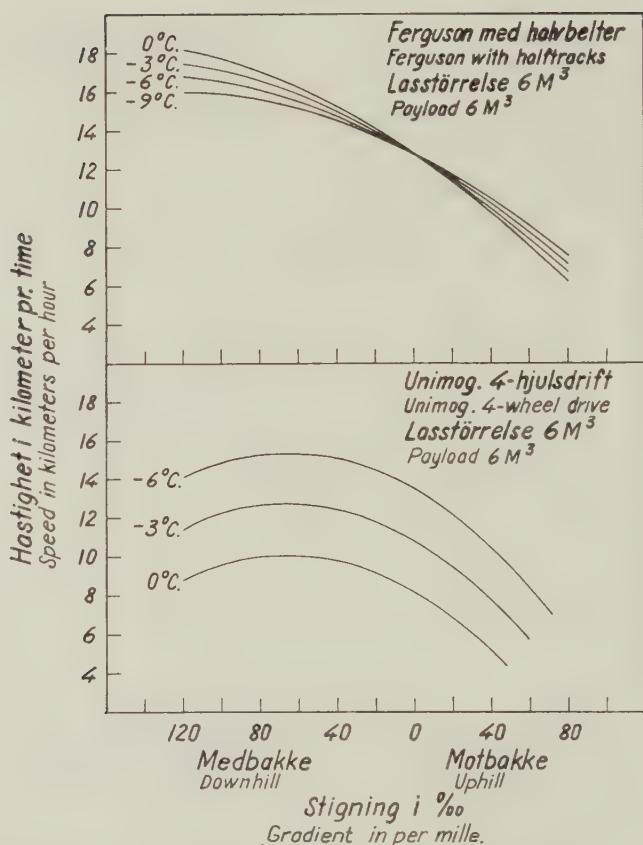


Fig. 133. Tømmertransport med traktor på snepakket vei. Kjørehastighetens variasjon med veiens stigningsforhold og snetemperaturen.

Timber transport with tractor on compact snow-road. Variation of transport speed with the gradient of the road and snow temperature.

hjelp av forhjulene. For å svinge traktoren må forenden skyves sidelengs ved at forhjul eller traktorski settes i vinkel i forhold til traktorens lengdeakse. Friksjonskoeffisienten i sideretning mellom forhjul eller traktorski og veibane avgjør i hvilken grad traktoren lyster hjulenes vinkelstilling. Når forhjulene løper på en knudret snevei med eller uten overdekke av et tynt lag oppsmuldret sne, er friksjonskoeffisienten meget lav. Når hjulene humper over de små ujevnheter i veibanen, har de lett for å skrense sidelengs. Det er sannsynlig at friksjonskoeffisienten i sideretningen er like

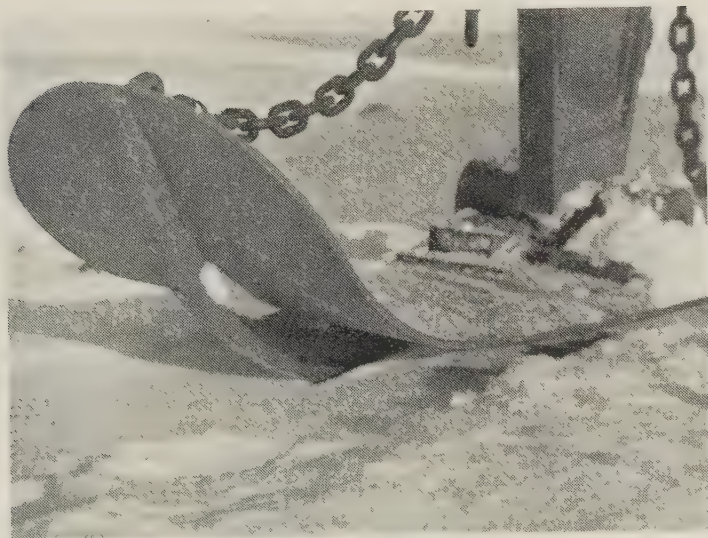


Fig. 134. Styrelist på Skogforsøksvesenets traktorski.
Tractor-ski with guide keel.

lav eller lavere enn i forhjulenes lengderetning. GJØRV (1936) undersøkte friksjonskoeffisienten under sideskrensing av hjul med krysslått snekjetting på nedbrøytet snevei. Han fant at friksjonskoeffisienten i sideretningen var 192 kg/tonn.

Traktorskiene er utstyrt med en 5 cm høy styrelist på undersiden (fig. 134). Styrelisten skjærer seg ned i det snepakkete veidekke, og da skiene flyter jevnere over de små ujevnheter i veibanen på grunn av den lange anleggsflate, blir gangen stødig og faren for sideskrensing minimal. Vi har ikke undersøkt friksjonskoeffisientens størrelse i sideretningen, men de erfaringer vi høstet under sluringsforsøkene med griperibber på snebeltene tyder på at vi kan regne med en friksjonskoeffisient på minst 600 kg/tonn.

De bedre styreegenskaper gjorde at traktorføreren følte seg tryggere under kjøring i bratte utforbakker og kunne utnytte tyngdekraften til større kjørehastigheter når traktoren hadde traktorski i stedet for forhjul. Dette forhold støttes i høy grad av de praktiske iakttagelser vi gjorde under markarbeidet. Det viste seg at traktorførere som var vant til å kjøre med forhjul, hadde vanskelig for å godta traktorskiene til å begynne med, fordi de ikke kan svinges mens traktoren står i ro. Dette er en følge av den høye

friksjonskoeffisient i sideretningen. Traktoren kan bare svinges når den beveger seg, og da det er vanskeligere å rygge med traktorski enn med forhjul, må man planlegge vei, lunneplasser og velteplasser med rundkjøringer, så man mest mulig unngår rygging. Dette er for så vidt også nødvendig, da det er vanskelig å rygge med tilkoblet doning. Traktorførerne godtok først skiene etter en del øvelse, hvor de fikk erfare fordelene med den sikrere styring. Etter at denne erfaring var høstet hadde de på den annen side vanskelig for å kvitte seg med skiene på tross av ulempene ved at de ikke lar seg svinge med stillestående traktor. Erstattet vi traktorskiene med forhjul, reduserte traktorførerne lassene på traktorveier med bratte utforbakker, og kjørte forsiktig fordi de ikke stolte på forhjulenes styreegenskaper.

Disse forhold er årsaken til at hastigheten varierer mere med lasstørrelsen i bratte utforbakker for MAN enn for Ferguson.

I bratte motbakker avtar hastigheten mere med økende lasstørrelse under kjøring med Ferguson enn med MAN, fordi den siste har en kraftigere motor.

Av fig. 133 ser man at Ferguson med halvbelter er mindre følsom for endringer i snetemperaturen enn Unimog. Mens Fergusons snabelter flyter godt oppå sneen, har Unimogs små hjul lett for å skjære seg ned i det snepakkete veidekke, særlig ved høye snetemperaturer. Dette forårsaker stort effekttap ifølge rullemotstand for Unimog-traktorens vedkommende. Derfor avtar kjørehastigheten sterkt med økende snetemperatur under transport med Unimog traktoren.

Under transport med halvbeltetraktorene Ferguson, David Brown og Bolinder, samt den firehjulsdrevne MAN-traktor hadde vi dynamometer innkoblet i doningens trekkbom. Dette lot seg ikke gjøre for Unimog-traktorens vedkommende, fordi dynamometeret ikke passet til den svanehalsformete trekkbom. For David Brown-traktoren fikk vi bare målt trekkrefter, fordi trekkfestet var plasert slik at dynamometeret støtte imot bakre ende av traktorkroppen når lasset skjøv på i utforbakker.

Dynamometeret gav oss muligheter til å undersøke hastighetens variasjon med trekkmotstanden eller trykkraften og med varierende belastning fra nyttelasten på traktorens trekkrok. Den numeriske utjevning av materialet fremgår av tabellene XXVIII og XXIX. Her er også en del av forsøksutjevningene tatt med. Vi ser at

hastigheten (V i km/time) varierer med belastningen på trekkroken (Bt i tonn) og trekkmotstanden (T_1 i kg) på følgende måte:

Ferguson (80 m/m boring):

$$V = \div 0,0179 \cdot T_1 + 22,47 \cdot Bt \div 11,34 \cdot Bt^2 + 0,0089 \cdot Bt \cdot T_1 \div 1,0 \quad (35)$$

Ferguson (85 m/m boring):

$$V = \div 0,0177 \cdot T_1 + 5,07 \cdot Bt \div 3,32 \cdot Bt^2 + 0,0044 \cdot Bt \cdot T_1 + 14,2 \quad (36)$$

David Brown:

$$V = \div 0,0022 \cdot T_1 \div 12,62 \cdot Bt + 20,3 \quad (37)$$

Bolinder MunkteLL:

$$V = \div 0,0026 \cdot T_1 \div 0,0024 \cdot Bt \cdot T_1 + 12,9 \quad (38)$$

MAN:

$$V = \div 0,0177 \cdot T_1 \div 2,55 \cdot Bt^2 + 0,0059 \cdot Bt \cdot T_1 + 18,8 \quad (39)$$

Videre vil hastigheten variere med belastningen på trekkroken og trykkraften (T_2 i kg) etter følgende formler:

Ferguson (85 m/m boring):

$$V = \div 4,80 \cdot Bt \div 0,0012 \cdot Bt \cdot T_2 + 22,2 \quad (40)$$

Bolinder MunkteLL:

$$V = 0,0093 \cdot T_2 \div 0,0092 \cdot Bt \cdot T_2 + 16,0 \quad (41)$$

MAN:

$$V = \div 0,0024 \cdot T_2 \div 3,72 \cdot Bt + 19,6 \quad (42)$$

I figurene XI, XII og XIII er materialets spredning omkring funksjonene fremstillet grafisk. Tabellene og figurene viser at utjevningen er lykket ganske bra. Alle regresjonskoeffisienter er signifikante. Det er høye korrelasjoner mellom de observerte og utjevnete hastigheter og materialets spredning omkring funksjonene er lave.

På grunnlag av formlene 35—42 er hastighetens variasjon med belastning på trekkroken og trekkmotstand eller trykkraft regnet ut. Resultatet sees av tabell 17.

Vi vil først drøfte transporthastigheten når traktoren trekker lass på horisontal vei eller i motbakker. Hvis det er liten

trekkmotstand, f. eks. 200 kg, kjører de små traktorer med omtrent samme kjørehastighet som de store traktorer. Når trekkmotstanden øker avtar kjørehastigheten raskt for Fergusons vedkommende, mens f. eks. Bolinder Munktells transporthastighet holder seg forholdsvis høy. I tung vei med bratte motbakker er derfor en traktor med kraftigere motor enn Ferguson å foretrekke. MAN's transporthastighet synker også meget med økende trekkmotstand om ikke i samme grad som for Fergusons vedkommende.

Det viste seg å være stor forskjell i kjørehastighetene når Ferguson var utstyrt med 25 hestekrefters motor (80 m/m boring) og 28 hestekrefters motor (85 m/m boring). 25 hestekrefter er for lite for en tilfredsstillende transporttraktor. David Brown-traktoren hadde 29,5 hestekrefters motor. Da den hadde dieselmotor er antagelig dreiemomentkurven flater enn Fergusons bensinmotor. Dette resulterer i at David Browns hastighet er større enn Fergusons når trekkmotstanden er stor. Ved små trekkrefter var imidlertid David Brown langsommere enn Ferguson.

Av tabell 17 kan man også se belastningens innflytelse på kjørehastigheten. Da det var liten variasjon i materialet for belastning på David Browns trekkrok, har vi bare tatt med 1,0 tonns belastning i dette tilfelle. Trekkrokens belastning påvirker kjørehastigheten under en bestemt trekkmotstand på to måter. På den ene side øker rullemotstanden når man øker belastningen. Dette fører til reduksjon i hastigheten. På den annen side blir sluringen mindre jo større belastningen er. Dette fører til økende hastighet med økende belastning. For lette traktorer som Ferguson spiller sluringen en stor rolle for kjørehastigheten. Derfor øker hastigheten med belastningen til en viss grense, hvorefter rullemotstanden blir så stor at hastigheten avtar igjen. Dette fører samtidig til at den største hastighet oppnåes ved større belastning jo større trekkmotstanden er.

Bolinder MunkteIl er så tung at det blir liten sluring selv for ubelastet traktor. Her avtar hastigheten når man øker belastningen fra 0,5 tonn og oppover. For MAN er virkningen den samme når trekkmotstanden er mindre enn 800 kg. Er trekkmotstanden 800 kg og større blir hjulenes sluring så stor at man oppnår de største hastigheter ved 1,0—1,5 tonns belastning på trekkroken.

Disse forhold sees enda bedre av fig. 18, som bygger på tabell 17 og formel (31) side 543. Tabellen viser den utnyttede effekt på

trekkroken i hestekrefter. Det kan ha interesse å sammenligne de utnyttede hestekrefter med de nyttbare på trekkroken. Den nyttbare effekt og virkningsgraden er undersøkt for Fergusons vedkommende. (Kapitel 312.4). Det viser seg at den utnyttede effekt er lavere enn den nyttbare. Dette kan f. eks. sees ved å sammenligne hastigheter og trekkmotstand ved 0,5 tonns belastning på Fergusons trekkrok i tabell 17 med de tilsvarende verdier i fig. 114. Årsaken til forholdet er bl. a. de effekttap man får i praksis p. g. a. motorutkobling under gearskifte og feilaktig valt tidspunkt for gearsiftingen.

I denne forbindelse er det av interesse å undersøke hvilke hastigheter man har kjørt på de forskjellige gear, samt ved hvilke hastigheter man skiftet gear. En slik undersøkelse er utført for traktorene Ferguson (80 m/m boring), Ferguson (85 m/m boring), Bolinder Munktel og MAN. Det viste seg at man overveiende brukte 2., 3. eller 4. gear under kjøringen, idet 1. gear hovedsakelig ble brukt under starting av traktor og lass. For Bolinder Munktel og MAN ble høyere gear enn 4. gear så sjelden brukt at de er holdt utenom i denne forbindelse. Den gjennomsnittlige hastighet for hvert gear ble funnet ved ren middeltallsberegning. For å finne den gjennomsnittlige hastighet under skifting fra 4. til 3. gear eller omvendt, brukte vi følgende fremgangsmåte: Materialet ble sortert med hensyn til de prosentiske antall tilfeller man kjørte i 4. gear i forhold til tilfeller kjørt i de øvrige gear. For hver 4-gearprosent regnet vi ut den gjennomsnittlige kjøretid pr. 100 meter. Deretter fant vi kjøretidens variasjon med gearprosenten ved en nummerisk utjevning av materialet. Tabell XXX og fig. XIV viser at følgende formeltype gir en tilfredsstillende beskrivelse av sammenhengen mellom 4-gearsprosent og hastighet for Ferguson 80 m/m boring:

$$k_j = \frac{0,2424}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} + \frac{0,5101}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,48 \quad (43)$$

Når 4-gearsprosenten er 50 % har man altså kjørt like mange ganger i 4. gear som i de øvrige gear. Kjøretiden for denne gearprosent skulle derfor svare til den gjennomsnittlige hastighet for skifting av gear mellom 3. og 4. gear. Dette støttes av at det aritmetiske middel av samtlige gearprosenter for de forskjellige gear og traktorer avviker meget lite fra 50 %. Den gjennomsnitt-

lige kjøretid pr. 100 meter for 3.—4. gears skifting ble derfor funnet ved å regne ut kjøretiden for en gearprosent $P_s = 50 \%$ ved hjelp av formel (43). Materialets spredning omkring den gjennomsnittlige kjøretid ble funnet ved hjelp av materialets spredning omkring funksjonen, idet $\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}}$ (EZEKIEL 1950).

Den gjennomsnittlige kjøretid pr. 100 meter for 2.—3. gears skifting ble regnet ut på tilsvarende måte for Ferguson 80 m m boring, idet hastigheten varierte med 2. gearsprosenten etter formelen:

$$kj = \frac{1,5151}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} \div \frac{0,2922}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,56 \quad (44)$$

Funksjonene for kjøretidens variasjon med gearprosentene for de forskjellige traktorer er sammenstillet i tabell XXXI. Ved hjelp av funksjonene og de ovennevnte middeltallsberegninger har vi funnet de gjennomsnittlige hastigheter man anvendte under kjøring på de forskjellige gear, og under gearskiftingene. Resultatet sees av tabell 19.

Sammenligner vi Fergusons hastigheter (85 m/m boring) med hastighetene i fig. 114, ser man at traktorførerne vanligvis brukte for lave hastigheter. Dette er særlig tilfelle under 4.-gears kjøring og under skifting fra 4. til 3. gear eller omvendt. Traktorførerne hadde altså for stor tendens til å forsøke seg med høygearskjøring, et forhold som man ellers ofte merker under vanlige traktortransporter.

Spørsmålet om sikker og effektiv kjøring i bratte utforbakker er av stor interesse under traktortransport i norsk terreng. Av tabell 17 ser man hvorledes hastigheten varierer med belastningen på trekkroken og trykkraften når lasset skyver på i utforbakker. For alle traktorer avtar hastigheten når belastningen på trekkroken øker. Dette kommer av at en stor belastning vanligvis skyldes et stort lass på doningen, og jo større lassene er dess forsiktigere kjører man i utforbakkene. Det er interessant å legge merke til at man har anvendt forholdsvis store kjørehastigheter for en så lett traktor som Ferguson, selv i meget bratte utforbakker hvor lasset skyver kraftig på. Hastigheten er f. eks. større når lasset skyver på for Ferguson enn for MAN, og ved store belastninger og store trykkrefter er hastigheten også større enn for Bolinder Munk-

tell. Som vi tidligere har sett, skyldes dette at MAN og Bolinder Munkteill styres ved hjelp av forhjul, mens Ferguson hadde traktorski foran. Dette fører til sikrere styring så traktorføreren føler seg tryggere og kunne holde større gjennomsnittshastigheter i svingete utforbakker.

En arbeidsoperasjon som i høy grad påvirker transportkapasiteten er hastigheten under returkjøring av tom doning fra velte til lunneplass. Det er viktig å anvende en rask traktor, for at denne mengdevariable hjelpetid skal bli minst mulig.

Tabell XXXII og fig. XV viser utjevningen av det innsamlete materiale. Vi ser at hastigheten (V i km/time) varierer med motbakkenes stigningsforhold (s i ‰) etter formelen:

$$V = b_2 \cdot s + a \quad (45)$$

De forskjellige traktors hastighet under kjøring med tom doning er regnet ut på grunnlag av formelen. (Se tabell 20). Dette gjelder kjøring på fast og jevn snepakket vei, uten løst dekke av nyfallen sne. Enkelte dager var det noen mindre snefall som særlig gjorde seg gjeldende på første tur om morgenen. Materialet omfatter slike snefall hvis nysnelaget var mindre enn 5 cm tykt. Etter større snefall vil hastighetene være lavere enn gjennomsnittstallene i tabell 20.

På horisontal snepakket vei, og i motbakker opp til ca. 100 ‰ stigning har Ferguson de høyeste kjørehastigheter. Fordelen med den lette traktor kommer her særlig til sin rett. Er motbakkene brattere enn dette, synker imidlertid kjørehastigheten raskt. David Brown var på den annen side forholdsvis langsom på horisontal mark og i svake motbakker, men hastigheten holdt seg oppe også i brattere motbakker. Det er interessant å se hvor lave hastigheter vi oppnådde for Unimogs vedkommende. Denne traktor har en topphastighet på 50—60 km/time, men vi oppnådde ikke større gjennomsnittshastigheter enn 11,2—1,4 km/time når motbakkens stigning varierte fra 0—200 ‰. Dette skyldes at traktorens små hjul ($6,50 \times 20$) egner seg dårlig på en snepakket vei. Effekttapene i form av stor rullemotstand gjør at man ikke får utnyttet traktorens høye topphastighet. Denne traktor krever derfor god vei, men det skulle være mulig å oppnå bedre resultat om den utstyres med større hjul og eventuelt snebelter.

I det foregående har vi sett hvorledes transporthastigheten

med lass eller tom doning varierer med forholdene. For å komme frem til den samlede underveistid mellom lunne og velte, må vi ta med tiden for kjøring til og fra lunne eller velteplass. Denne tid kan variere meget, alt etter hvorledes man plaserer lunner og velter i forhold til transportveien. Man bør planlegge veien med gode rundkjøringer, så man unngår tapstider i form av snuing og plasing av doning m. v. Videre bør tømmeret plasseres langs rette veistrekninger, lunnene på oversiden og veltene på nedsiden. Fremfor alt må man unngå å legge tømmeret i krappe kurvers yttersving, fordi dette fører til ekstra arbeid med å plasere doningen riktig. Tømmerlunner og velter må i det hele plasseres slik, at traktoren kan kjøre rett frem til dem etter rundkjøringen og stoppe med doning i riktig posisjon.

Tabell 21 viser traktorenes gjennomsnittlige kjøretider til og fra lunne- og velteplasser. De refererer seg til godt planlagte veier, der tømmeret var plassert riktig i forhold til veien. Det er ingen signifikant forskjell på tidene for de forskjellige traktorer med unntagelse av Bolinder Munktell. Denne traktor måtte imidlertid hente en del tømmer langs en stikkvei, hvor lunneplassene ikke var ideelle. Vi har derfor ikke skilt på traktorene, idet den gjennomsnittlige rundkjøring ved lunner og velter for alle traktorer er $3,98 \pm 0,43$ minutter pr. lass.

Vi har nå grunnlag for å finne underveistidens andel av virketiden med unntagelse av mengdefaste hjelpetider som snepakking og slådding. Dette kan finnes ved hjelp av data oppgitt i tabell 17, 20 og 21. For å finne underveistidens andel av arbeidsplasstiden må vi legge tapstidene til virketiden. Tapstidene er utregnet i prosent av virketiden og er sammenstillet i tabell 22 og 23. Maskin-tapstidene omfatter ordinære tapstider som faller under kjøringen, som start av motor, justering av motor og brenselsfylling i løpet av virketiden. Derimot er ikke tatt med de forberedende arbeider om morgenen og avsluttende arbeider om kvelden. Av tabell 22 ser man at tapstider ifølge doning er større for Moelv-doning nr. 154 enn for Sesamdningen. Dette er rimelig, da Moelv-doningen er mere komplisert. Persontapstidene gjelder i første rekke ordning av klær, hvilket er viktig under kjøring i kalde vinterdager. De samlede tapstider under kjøring viser seg å være 13,36 % av virketiden når man kjører med Sesamdning og 14,96 % av virketiden under kjøring med Moelvdning nr. 154.

322. Terminaltidene.

De viktigste terminaltider er tiden for pålessing av doning ved lunneplass og avlessing ved velteplass. Terminaltidene spiller større rolle jo kortere transporttiden er. Jo kortere veien er, dess større del av arbeidsdagens produksjonstid går det med til på- og avlessingsarbeider (SUNDBERG 1953, FRYJORDET 1955). Vanligvis øker også energiforbruket med avtagende veilengde. Ved hestetransport på gode veier blir det mindre hvile for hesten under returtransport med tom doning, samtidig som kjørerens innsats til på- og avlessing øker. (LEIJONHUFVUD 1954). Undersøkelser utført av Värmlands Skogsarbetsstudier viser at kjørerens energiforbruk under effektiv pålessing ofte overstiger hoggerens energiforbruk i vesentlig grad. Da på- og avlessingsarbeidene representerer større del av arbeidstiden jo kortere veien er, fant man følgende relative energiforbruk for kjøreren med varierende veilengde:

Veilengde i meter	Relativt energiforbruk
1500	100
600	111
300	118
50	130

Heste- og traktortransportene foregår vanligvis over forholdsvis korte distanser. Derfor er det av særlig betydning å planlegge transportene slik, at de arbeider som inngår i terminaltidene blir så effektive og rasjonelle som mulig.

322.1 Pålessing.

Alt etter veiens lengde, transportkvantumets størrelse og terrengforholdene kan transporten planlegges etter to prinsipielt forskjellige retningslinjer:

- a) Transport kombinert med lunning.
- b) Transport fra lunner.

Transport kombinert med lunning blir vanligvis brukt på meget korte transportveier. Under hestetransport anvendes kipp-

kjøring direkte fra hogstfeltet til velteplasser, f. eks. på elvebakke. Man har søkt å forbedre metoden ved en samordning av hogst og lunning eller kippkjøring, ved å legge parallelle stikkveier i tett avstand over hogstfeltet. Hoggerne feller trærne i retning av stikkveiene, og håndlunner tømmeret inn til disse. Hesten trenger altså ikke å bevege seg i los sne utenom stikkveiene, idet kjørerer samler tømmeret opp fra veikanten etter hvert som han kjører frem.

Hvor terrengforholdene muliggjør det, har man forsøkt en lignende metode for traktorkjøring, idet traktoren er utstyrt med vinsj for kombinert lunning og pålessing av traktordoning (PUT-KISTO 1955). Da arbeidsteknikk og utstyr for slikt arbeide ennå ikke synes å være klarlagt, vil metoden ikke bli diskutert i denne forbindelse men bli gjenstand for en egen undersøkelse.

Pålessing av traktordoninger. Nærværende undersøkelse begrenser seg til transport langs basvei av tømmer opplagt i ferdige lunner. Vi eksperimenterte en del med maskinell pålessing av traktordoninger, men da barnesykdommene ved slikt arbeide ennå ikke er overvunnet, begrenser vi oss foreløpig til å diskutere manuell pålessing.

I sin mest rasjonelle form foregår den manuelle pålessing fra ramper. Lunnene legges i bakkeskråning på oversiden av veien, og helt inn til veikanten. Bakkeskråningen ryddes fri for busker og trær, samt stubber og stein som kan hindre lessingen. Av tømmeret bygger man opp en provisorisk rampe. Den må være høyere enn doningens lastebank når den står på den ferdigpakkete snevei. Rampen bør derfor ligge minst 1 meter over snefri bakke. Det er viktig at det er åpent rom under rampen, da dette gir plass til den sne som faller ned under pålessingen. Det er nemlig vanskelig å få vekk all sne mellom tømmerstokkene, selv om lunnan måkes fri for sne på oversiden. For å lette rulling av stokkene langs rampen til doningen, bør den helde svakt ned mot veien.

Fig. 135 viser en av de lunneplasser som inngår i dette forsøk. (Se også fig. 127). Pålessingen ble utført av to mann ved hver traktor, og studiene refererer seg til 3 lag, eller 6 mann. Mannskapet arbeidet med tømmeraks, og øks (til hogging av sleiper). Hvor det var stor lasshøyde, brukte de lesseapparatet «Effektiv». Det er en sleipe med stoppeinnretning for å hindre stokkene å gli tilbake mens man skyver dem opp på lasset. Det viste seg at prestasjonen



Fig. 135. Rasjonell lasterampe. Løten 1951.
Rational loading dock.

var uavhengig av tømmerstokkenes lengde. Dette skyldes at tidsstudiematerialet refererer seg til kappet tømmer, hvor lengdene hovedsakelig varierte mellom 4 og 6 meter. Den numeriske utjevning av materialet viste at hovedtiden under pålessing i 1/10 min. pr. stakk (mi (på)) varierte med avstanden fra lunne til lass (l i meter), løftehøyden mellom rampe og lass (h i meter) og stakkdimensjonen (m^3) etter følgende formel:

$$\begin{aligned} \text{mi(på)} &= 0,2055 \cdot l + 0,4944 \cdot (2h + 3) + 9,2346 \cdot m^3 \\ &\div 1,4896 \cdot m^3 \cdot (2h + 3) + 1,0295 \cdot m^3 \cdot l \div 0,4893 \end{aligned} \quad (46)$$

Testingen av regresjonskoeffisientene gav følgende resultat:

$$\begin{aligned} \sigma b_2 &= 13,0 \% \\ \sigma b_3 &= 7,5 \% \\ \sigma b_4 &= 9,6 \% \\ \sigma b_5 &= 12,8 \% \\ \sigma b_6 &= 14,6 \% \end{aligned}$$

Alle regresjonskoeffisienter er altså signifikante. Korrelasjonen mellom de observerte og utjevnete tider er $R = 0,8049$ og materi-

alets spredning omkring funksjonen er $S = 26,77\%$. Dette viser at utjevningen er lykket ganske bra, hvilket også fremgår av fig. XVI.

Formel (46) kan omskrives til å gjelde effektiv pålessing i minutter pr. lass på følgende måte:

$$M_i (\text{på}) = \frac{1}{10} \cdot \frac{M^3}{m^3} \cdot m_i (\text{på})$$

Her er M_i (på) pålessingstiden i min/lass, og M^3 lasstørrelsen i kubikkmeter. Ved å sette formel (46) inn i dette uttrykk får vi:

$$\begin{aligned} M_i(\text{på}) = & 0,02055 \frac{1 \cdot M^3}{m^3} - 0,09888 \cdot \frac{h \cdot M^3}{m^3} + 0,09939 \cdot \frac{M^3}{m^3} \\ & + 0,10295 \cdot 1 \cdot M^3 \div 0,29792 \cdot h \cdot M^3 + 0,47658 \cdot M^3 \end{aligned} \quad (47)$$

Ved siden av hovedtiden, eller den effektive pålessing, forekommer det en del hjelpetider. Tiden til ordning av stokker på lass er en mengdevariabel hjelpetid, som varierer etter formelen:

$$M_i (\text{på}) = 0,8341 \cdot M^3 \div 1,255 \quad (48)$$

Her er $R = 0,7126$, $S = 43,01\%$ og $\sigma_{b_2} = 12,7\%$.

Hverken stokkdimensjonen eller doningtypen hadde noen betydning for tiden til ordning av stakkene. Derimot hadde doningstypen meget å si for hjelpetidene ved doning under pålessing. Disse hjelpetider omfatter losgjøring av staker og kjettinger før pålessing, gjøring av lass etter pålessing og andre hjelpetider som regulering av avstand mellom bukk og geit m. v. Vi fant følgende gjennomsnittstider i min. pr. lass for de forskjellige doninger:

Moelv-doning nr. 154	II (utslagbare staker)	$M_i(\text{på}) = 9,101 \pm 0,125$
»	III (utslagbare rør)	$M_i(\text{på}) = 9,430 \pm 0,137$
Sesamdoning	II (faste rørstaker)	$M_i(\text{på}) = 6,428 \pm 0,129$
»	III (utslagbare staker)	$M_i(\text{på}) = 7,367 \pm 0,096$
»	IV (utslagbare rør)	$M_i(\text{på}) = 3,233 \pm 0,242$

Dette viser at geitdoningene har større hjelpetider enn semi-trailerne. Grunnen er at geitdoningen krever mere regulering av avstanden mellom bukk og geit, samt arbeider for å innstille geita slik at den sporer godt under kjøringen. Forskjellen i hjelpetider

mellom Sesamdoning III og IV viser at utslagbare rør er å foretrekke fremfor de anvendte utslagbare staker. De utslagbare staker var laget av kanaljern med ledd, mens forlengelsen av de utslagbare stålrør skjedde ved å stikke en trestaur i stålrøret. Dette var enkelt og driftssikkert, og da dessuten låsmekanismen mellom stake og lastebank virket bedre for stålrørsstakene, oppnådde vi et bedre resultat med dem. Årsaken til at vi ikke fant noen sikker forskjell i hjelpetidene mellom Moelvdoning nr. 154 II og III, til tross for at den siste er utstyrt med utslagbare stålrør, er at vi for denne doning forsøkte med krysskjetting i stedet for Y-kjetting mellom bukk og geit, hvilket bidrog til ekstra arbeid med regulering av avstanden mellom dem. Da vi tidligere har sett at geitdoningen egner seg bedre til tømmertransport med traktor enn semitraileren, vil vi i det følgende regne med en doning-hjelpetid på 9,101 min/lass. De øvrige hjelpetider varierte ikke merkbart med lasstørrelse, doningstype eller andre av de undersøkte faktorer. Gjennomsnittstidene var følgende:

Legging av sleiper: $Mi(på) = 1,402 \pm 0,129 \text{ min/lass.}$

Andre hjelpetider ved lunne: $Mi(på) = 1,815 \pm 0,171 \text{ min/lass.}$

Ved å summere funksjonen for hovedtid (formel 47) samt formel (48) og middeltallene for hjelpetidene kan vi finne pålessingstidens andel av terminaltidene. Dette gir følgende resultat:

$$Mi(på) = 0,02055 \cdot \frac{l \cdot M^3}{m^3} + 0,09888 \cdot \frac{h \cdot M^3}{m^3} + 0,09939 \cdot \frac{M^3}{m^3} \\ + 0,10295 \cdot l \cdot M^3 \div 0,29792 \cdot h \cdot M^3 + 1,31068 \cdot M^3 + 11,063 \quad (49)$$

Hermed har vi indirekte bestemt funksjonen for pålessingstiden pr. lass ved å summere funksjonene eller middeltallene for de enkelte deltider. Det er av betydning å undersøke om den fullstendige funksjon (formel 49) beskriver pålessingstiden på en tilfredsstillende måte. Pålessingstiden er derfor regnet ut etter formelen for hvert av de lass som ble undersøkt under markarbeidet, idet vi tok hensyn til doning-hjelpetidenes variasjon med doningstypen. Avvikelsene mellom de virkelig brukte tider (y) og tidene utregnet etter formelen (y'') kan betegnes med $Z = y \div y''$. De er et mål for i hvilken grad funksjonen beskriver materialet (EZE-KIEL 1930, SAMSET 1950).

Korrelasjonen mellom de observerte og utjevnete tider er $R = 0,9235$. Middelfeilen beskriver materialets spredning i forhold til den utjevnete funksjon. Vi fant at middelfeilen $S = 3,45$ min., eller 14,26 % av den gjennomsnittlige pålessingstid i materialet. Dette må ansees å være et meget bra resultat i betraktning av at funksjonsverdiene er utregnet som gjennomsnitt av 6 forskjellige arbeidere under arbeide på forskjellige lunneplasser.

KANTOLA (1954) utførte en undersøkelse angående pålessing av tømmer på lastebil. Undersøkelsen omfattet bl. a. pålessing med to mann fra rampe. Ved hjelp av formel (49) har vi beregnet virketiden for pålessing og lagt til tapstider ifølge tabell 23, for en del av de tilfeller Kantola undersøkte. Det er regnet med 8 meters avstand mellom lunne og lass, og 1 meters gjennomsnittlig løftehøyde. En sammenligning av tiden for pålessing i nærværende og Kantolas undersøkelse viser følgende resultat:

m ³ /stokk	m ³ /lass	Tid for pålessing min./lass	
		Kantola 1954	Nærværende undersøkelse
0,11	6,4	45	46
	7,8	57	54
	9,2	69	61
0,17	6,4	35	38
	7,8	42	44
	9,2	50	50

Tabellen viser at der er en god overensstemmelse mellom den finske og den norske undersøkelse.

Når tømmeret er lunnet om høsten og det ligger sne på lunnen når kjøringen begynner, kan sne og is etter hvert trenge seg ned mellom stokkene så de fryser fast til hverandre. Under pålessingen må man derfor løsne stokkene, hvilket oftest skjer ved å slå på dem med øksehammeren, eller ved å bende med en håndspak. I tillegg til de ovennevnte tider som gjelder ikke sammenfrosset tømmer, eller tømmer som lunnes samtidig med transporten, får vi en hjelpetid til løsning av stokkene. Hvis sneen var våt (0°C) gikk det gjennomsnittlig $0,0486 \pm 0,0089$ minutter pr. stokk til dette arbeide, men var det kaldt i været (snetemperatur $< -1^\circ\text{C}$)

brukte man gjennomsnittlig $0,2394 \pm 0,0245$ minutter pr. stokk. Tiden pr. lass til løsning av fastfrosne stokker er derfor:

$$\text{Snetemperatur } 0^{\circ}\text{C:} \quad 0,0486 \cdot \frac{\text{M}^3}{\text{m}^3} \quad (50)$$

$$\text{Snetemperatur } < \div 1^{\circ}\text{C:} \quad 0,2394 \cdot \frac{\text{M}^3}{\text{m}^3} \quad (51)$$

Ved hjelp av formlene (49), (50) og (51) kan vi beregne pålessingens andel av virketiden. Resultatet av beregningen er gitt i form av en hovedtabell (tabell 24) med tilleggstabeller for avstand mellom lunne og lass (tabell 25), løftehøyden (tabell 26) og løsning av fastfrosne stokker (tabell 27). I alle tabeller ser man at virketiden under pålessing øker sterkt med synkende dimensjon. Tabellene viser også at pålessingstiden øker med økende avstand mellom lunne og lass, og økende løftehøyde. Det vil derfor være en fordel å lage forholdsvis høye ramper, og lunnene bør være korte og høye. Høyere lunner enn 1—1,5 meter skaper imidlertid vanskeligheter ved at tømmerstokkene raser ut fra lunnan under pålessingen. Det er derfor en grense for hvor høye lunnene bør være, og for å redusere lunnenes lengde bør man legge flere kortere lunner ved siden av hverandre istedenfor en meget lang lunne. Hver av lunnene bør inneholde et multiplum av traktorlassets størrelse, for å unngå å flytte traktoren under pålessingen. Kan man ordne seg slik som vist i fig. 135, med flere lunner tett inntil en rettlinjet veistrekning, spiller dog flyttingstiden forholdsvis liten rolle.

Tiden for snemåking på lunnene er ikke tatt med i dette forsøk. Det innsees imidlertid lett at snemåkingstiden pr. m^3 er større jo lavere og lengre lunnene er. Dette forhold peker også i retning av korte og høye lunner.

Det har interesse å se hvor meget de forskjellige deltidene betyr for hele pålessingstiden. I tabell 28 har vi regnet ut den relative fordeling av deltidene når løftehøyden er gjennomsnittlig 0,75 meter og avstanden fra lunne til lass er gjennomsnittlig 5 meter. For et 8 m^3 lass representerer den effektive pålessing fra 43—74 % av virketiden, når dimensjonene avtar fra 0,300—0,050 m^3/stokk . Den største av hjelpetidene er hjelpetider ved doning. Hjelpetider ved lunne er derimot små, fordi det er liten variasjon i stokk-

lengdene, og fordi undersøkelserne refererer seg til velordnete lunner med rampe. Likeledes er det små hjelpetider for ordning av stokker på lass, hvilket dels kommer av den lille variasjon i stokklengdene, og dels at det var gode lessestaker på doningene.

Tapstidene under pålessing fremgår av tabell 23. De representerer gjennomsnittlig 5,28 % av virketiden under pålessing av Sesamdoning, og 6,70 % under pålessing av Moelvdoning nr. 154. Ved å legge tapstidene til virketidene ifølge tabellene 24—27 finner vi pålessingstidens andel av arbeidsplasstiden.

Eksempel 8. La oss finne arbeidsplasstiden for 2-manns pålessing av et 8 m³ lass på Moelvdoning nr. 154. Stokkenes gjennomsnittsdimensjon er 0,200 m³. Avstanden mellom lunne og lass er gjennomsnittlig 4 meter og løftehøyden 0,5 meter. Vi forutsetter at stokkene er fastfrosset til hverandre og at det er kaldt i været.

Hovedtid	(Tabell 24)	25,53 min.
Tillegg for avstand lunne-lass .	(Tabell 25)	6,58 min.
Tillegg for løftehøyde	(Tabell 26)	0,79 min.
Tillegg for løsning av stokker	(Tabell 27)	9,58 min.
		<hr/>
Virketid		42,48 min.
Tapstid (6,70 %)		2,85 min.
		<hr/>
Arbeidsplasstid		45,33 min.

I dette tilfelle tar altså pålessingen 45 minutter for et 8 m³ lass. En lignende beregning under de samme forutsetninger som ovenfor viser pålessingstiden i minutter pr. lass for en del tilfeller:

m ³ /lass	Ikke sammenfrosne stokker		Sammenfrosne stokker	
	0,1 m ³ /stokk	0,2 m ³ /stokk	0,1 m ³ /stokk	0,2 m ³ /stokk
2	20	18	25	20
4	28	23	39	29
6	37	29	52	37
8	45	35	65	45

Det er interessant å legge merke til, at sammenfrysning av stokkene betyr like meget for pålessingstiden som en variasjon i stokkdimensjonen fra 0,2—0,1 m³/stokk.



Fig. 136. Kjøring av tømmer i hele lengder. Jysereid 1951.
Driving timber in full tree-length.

Eksemplet viser hvorledes man kan finne tiden for pålessing ved hjelp av tabellene 24—27. Ved hjelp av slike beregninger kan man finne hvorledes pålessingstiden varierer med tømmerdimensjonene og forholdene på lunneplassen, under forutsetning av kappet tømmer og provisorisk lesserampe.

Hvis lunneplassene er dårlig planlagt, kan man få betydelig større pålessingstider enn de som er referert ovenfor. Vi har ikke gjennomført generelle analyser av dette spørsmål. I Jysereid (1951) undersøkte vi imidlertid prestasjonene under pålessing av ukappet tømmer som var lunnet frem og klosslagt oppå sneen ved veikant. Den gjennomsnittlige stokkdimensjon var $0,291 \text{ m}^3/\text{stokk}$. Fig. 136 gir et inntrykk av tømmeret og tømmerlassene under denne transport. Pålessingen ble utført av to mann. Da det viste seg at pålessingen tok betydelig lenger tid i dette tilfelle enn ved pålessing fra lesserampe, undersøkte vi den prosentiske økning av pålessingstiden. Fig. 137 viser at pålessingstiden øker med 107—235 % når stokkenes dimensjon øker fra $0,2$ — $0,5 \text{ m}^3/\text{stokk}$. Den store økning skyldes først og fremst de uhensiktsmessige lunner og de uhåndterlige tømmerstokker i hele lengder. Fig. 137 viser hvor viktig det er med en ordentlig planlegging av lunneplassene, samtidig som det gir et begrep om fordelene av å kappe tømmeret i jevne lengder.

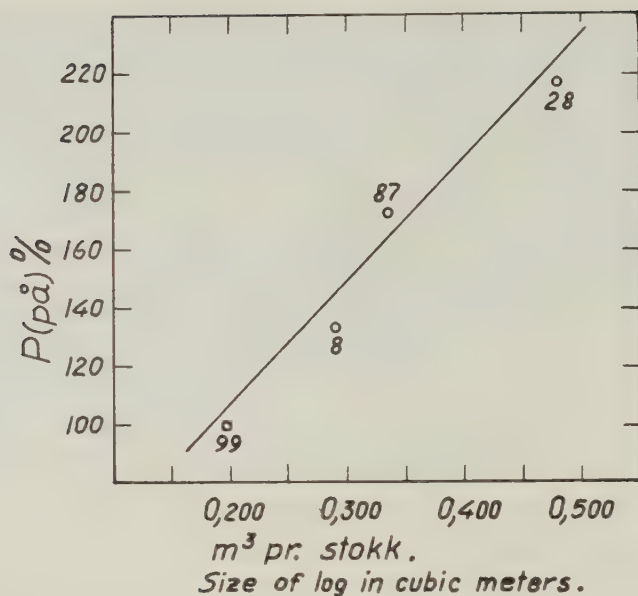


Fig. 137. Lessing av tømmer i hele lengder som er lunnnet frem til veikant. Prosentisk økning i pålessingstiden.

*Loading of logs in full tree-length, stacked at the roadside.
Percentage increase in manual loading time.*

Pålessing av hestedoningene ble utført av en mann for hver doning. Lunnene bestod av klosslagt tømmer på underlag. De lå i bakkeskråninger på oversiden av veien, og vanligvis slik at hesten kunne kjøre doningen helt inn til lunnene. Da vi brukte sleiper for å transportere tømmeret fra lunne til lass, og da hestelassene er vesentlig lavere enn traktorlassene, ville en lesserampe ha liten betydning i dette tilfelle. Forholdene under lessing på hestedoningene og traktordoningene var derfor tilnærmet sammenlignbare. Vi undersøkte den prosentiske økning av tiden for enmannslessing på hestedoning i forhold til tomannslessing på traktordoning fra rampe. Økningen varierte med stokkdimensjonen og avstanden mellom lunne og lass på følgende måte:

$$P(\text{på}) \% = 12,300 \cdot m^3 \cdot 1 + 1921,2 \cdot (m^3)^2 + 36,2 \quad (52)$$

Korrelasjonen mellom de observerte og utjevnete prosentener er $R = 0,8030$. Materialets spredning i forhold til funksjonen er $S = 10,43 \%$ og regresjonskoeffisientenes middelfeil er $\sigma b_3 = 22,7 \%$

og $\sigma_{b_2} = 5,3 \%$. I fig. XVII er gitt en grafisk fremstilling av materialets spredning omkring funksjonen.

Tabell 29, som er utregnet på grunnlag av formel (52), viser hvor stort tillegg man får i tiden for effektiv pålessing, når arbeidet utføres av 1 mann med hestedoning istedenfor 2 mann med traktordoning. Et tillegg på 100 % betyr at 2 mann utfører arbeidet dobbelt så fort som en mann, eller med andre ord at det utrettes like meget pr. mann. Dette er tilfelle når dimensjonen er $0,18 \text{ m}^3/\text{stokk}$ for 2 meters avstand mellom lunne og lass og $0,15 \text{ m}^3/\text{stokk}$ for 12 meters gjennomsnittlig lesseavstand. Tabell 29 kan brukes til kalkyler over i hvilke tilfelle det lønner seg å anvende 2 mann istedenfor 1 mann til pålessingen. Da det ved siden av mannskaps-lønninger også medfører utgifter å la transportmidlet vente mens pålessingen foregår, vil grensedimensjonen være noe lavere enn den som tilsvare 100 % tillegg til lessetiden når arbeidet utføres av en mann istedet for to mann. Må derimot lessekarene vente mens kjørekaeren er på velteplassen med lass, vil grensedimensjonen øke, og vanligvis blir den høyere enn grensedimensjonen for 100 % økning av pålessingstiden under enmannsarbeide.

Hjelpetiden ordning av stokker på lass varierte med lassets størrelse etter formlene:

VSA-doning:

$$M_i (\text{på}) = 2,5647 \cdot M^3 \div 5,799 \quad (53)$$

Moelvdoning nr. 144:

$$M_i (\text{på}) = 1,4647 \cdot M^3 \div 1,573 \quad (54)$$

Finsk doning:

$$M_i (\text{på}) = 2,3955 \cdot M^3 \div 4,583 \quad (55)$$

Tabell XXXIII viser resultatet av materialets numeriske utjevning. Fig. 138 er utregnet på grunnlag av formel (53)—(55). Man ser at det går mere tid til ordning av stakkene på hestelass enn på traktorlass (sammenlign formel (48)). Dette er rimelig da arbeidet er utført med en mann på hestedoning og to mann på traktordoning. Når lassene er større enn ca. 4 m^3 , tar det imidlertid mere enn dobbelt så lang tid for en mann å ordne stakkene på hestelass som for to mann på traktorlass. Dette skyldes dels at hestedoningerne hadde kortere lastebanker enn traktordoningerne

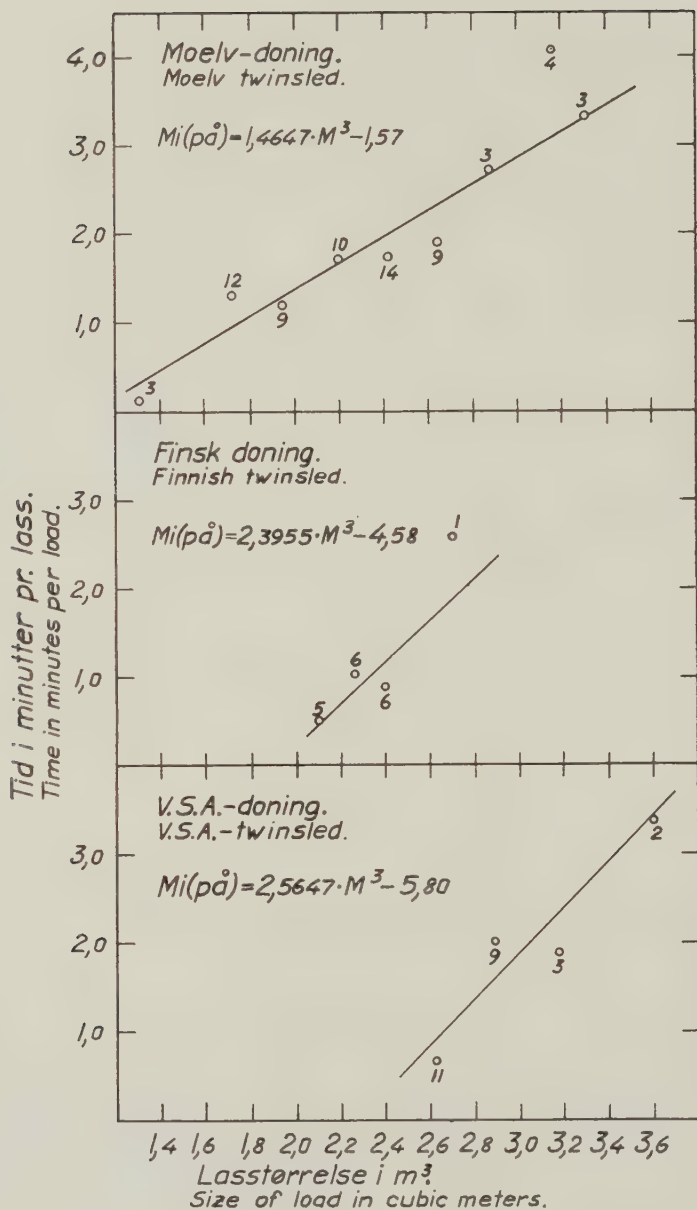


Fig. 138. En manns pålessing av hestedøninger. Ordning av stoker på lass.

One-man loading on horse sleds. Adjusting logs on load.

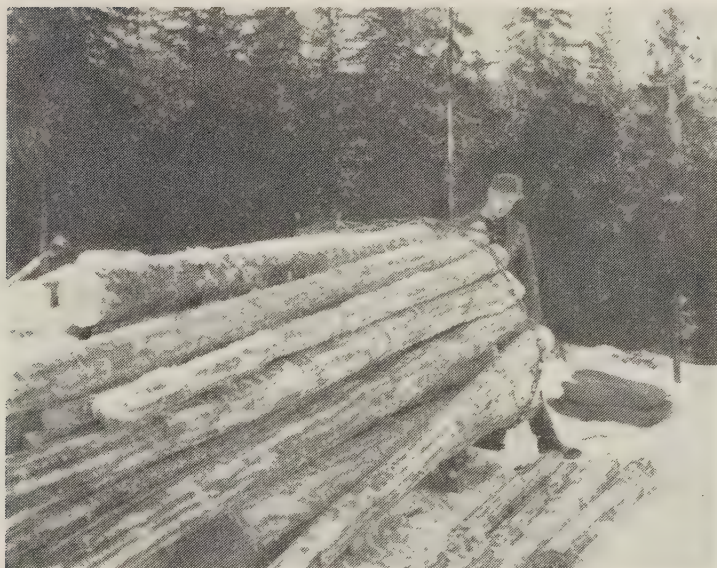


Fig. 139. Resultat av manglende staker, 3,5 m³ lass på Moelv doning nr. 144.

No loading stakes on sled. 3,5 cu. meter timber on Moelv twin-sled no. 144.

hvilket medførte ekstra arbeid med å legge tømmeret tett så lasset ikke ble for høyt. En vesentlig årsak var også at hestedoninger manglet eller var utstyrt med korte og dårlige lessestaker. Av fig. 138 ser man at ordning av stakkene tok lengst tid på Moelvdoninger. Denne doning manglet nemlig lessestaker. Den korteste tid for ordning av stokker fikk vi på VSA-doninger, både fordi denne var utstyrt med lessestaker, og fordi den hadde de lengste lastbanker. Dette var også årsaken til at det ikke gikk noen ekstra tid til ordning av stokker på denne doning, når lassene var mindre enn 2,2 m³. Under kjøring med de forskjellige doninger viste det seg, at det var vanskelig å lesse store hestelass når lessestaker manglet. Fig. 139 gir et inntrykk av hvilke problemer som melder seg, særlig for små tømmerdimensjoner. Det kan derfor anbefales at doninger utstyres med effektive utslagbare staker.

Hjelpetiden ved doning omfatter løsgjøring og ordning av staker og kjettinger, gjoring av lass og andre hjelpetider ved doning, som regulering av avstanden mellom bukk og geit. Denne var forskjellig for de forskjellige doninger:

VSA-doning	Mi (på) = 5,632 ± 0,288 min/lass	
Moelvdoning nr. 144...	Mi(på) = 4,495 ± 0,063	»
Finsk doning	Mi(på) = 4,363 ± 0,213	»

Når hjelpetidene var størst for VSA-doningen på tross av at den hadde gode lessestaker, skyldes det at stakene ikke var driftssikre. Det kreves en solidere staketype til hestedoninger. Dessuten tok det forholdsvis lang tid å regulere avstanden mellom bukk og geit, fordi doningen var utstyrt med avstandsstang. Da den finske donings lessestaker var driftssikre og solide, og det var enkelt å forandre bukkens avstand fra geita, fikk vi de laveste hjelpetider i dette tilfelle.

Hjelpetidene ved lunne omfatter legging av sleiper og regulering av stokker i lunnene. Disse tider forekom ikke for alle lass men var gjennomsnittlig for begge driftssesonger:

$$\text{Mi (på)} = 2,390 \pm 0,266 \text{ min/lass}$$

I tabell 30 har vi summert alle hjelpetider for hver enkelt av heste- og traktordoningene. Man ser at hjelpetidene stort sett er større for traktordoningene enn for hestedoningene, særlig når lassene er små. De små hjelpetider for hestedoningens vedkommende skyldes at de er lettere og mere håndterlige enn traktordoningene, noe som først og fremst gir seg utslag i lave faste hjelpetider. Sesamdoningene har lavere hjelpetider enn Moelvdoning nr. 154. Særlig er hjelpetidene lave for Sesamdoning IV. Denne ble bygget på grunnlag av erfaring i løpet av forsøket, og var utstyrt med driftssikre lessestaker. Det samme var for øvrig tilfelle med Moelvdoning nr. 154 III, men de høye hjelpetider i dette tilfelle skyldes at avstanden mellom bukk og geit må reguleres for hver tur, idet geiten blir trukket helt frem til bukken under returkjøring av tom doning.

Vi har tidligere sett at geitdoningen er mest fordelaktig når det gjelder å kjøre store lass med traktor. Dette har størst betydning på lengre veier. Hvor det er meget kort kjøring har lasstørrelsen mindre betydning. I slike tilfelle vil terminaltidene spille en stor rolle i forhold til underveistidene, og en semitrailer, f. eks. Sesamdoning IV vil være å foretrekke bl. a. på grunn av de lave hjelpetider. Dette forhold gjør seg gjeldende i enkelte av våre gårdskoger.

Hjelpetidene under pålessing av hestedoningene er allerede belyst under diskusjonen av de enkelte deltider. Tabell 30 viser at hjelpetidene er større ved bruk av VSA-doning enn den finske doning, til tross for de lave deltider til ordning av stokker på lass. Dette skyldes som nevnt VSA-doningens lessestaker som var lite driftssikre.

Tapstidene er regnet i prosent av virketiden under på- og avlessing. Vi fant følgende gjennomsnittlige tapstidsprosent:

Arbeidstapstid	5,03 %
Persontapstid	1,29 %
Tilsammen	6,32 %

Ved hjelp av formlene (49), (50) og (51) samt tabell 29 kan man finne hovedtiden under pålessing av hestedoninger. Når hjelpetiden ifølge tabell 30 legges til hovedtiden, får man pålessingens andel av virketiden. Dermed fremkommer arbeidsplasstiden som en sum av virketid og tapstider.

Eksempel 9. Hvor lang tid tar det for en mann å lesse på et 3 m³ hestelass når avstanden mellom lunne og lass er 4 meter, løftehøyden 0,5 meter og størrelsen på stakkene er gjennomsnittlig 0,1 m³? Vi forutsetter at stakkene ikke er frosset fast til hverandre.

Hovedtid ifølge formel (49)	9,15 min.
60 % tillegg ifølge tabell 29	5,49 »
Hjelpetid ifølge tabell 30 (VSA-doning) ...	9,92 »
Virketid	24,56 min.
Tapstid (6,36 %)	1,55 »
Arbeidsplasstid	26,11 min.

322.2 Avlessing.

Velteplassene har stor betydning for prestasjonene ved avlessing. Utføres avlessingen med håndkraft, er det en fordel at mannskapet kan nytte tyngdekraft til utslåing av tømmeret, og man bør unngå lang flytting av stakkene fra doning til velte. Ved velteplassen bør derfor veien ligge høyere enn veltene, og de mest hensikts-



Fig. 140. God velteplass ved bilvei. Løten 1951.
Rational lower landing at main road.

messige velteplasser får man i skrånende terreng. Vi har tidligere sett at lunneplassene bør ligge på veiens overside. Hvis veltene samtidig skal tjene som lunner for den videre transport (f. eks. fløting, biltransport m. v.), bør veltene ligge i skråbakke med traktor- eller hestevei på oversiden og den videre transportbane på nedsiden. I flatt eller svakt hellende terreng bør man planlegge arbeidet slik at doningen kan kjøres helt inn til veltens bakside. Etter hvert som velteplassen blir fylt opp av tømmer, forskyves veien parallelt med seg selv til veltene er fulle. Er hellingen så sterk at heste- eller traktorlasset ikke kan kjøres parallelt med kotene, bygger man en vei på velteplassens overside. Da vil vanligvis tømmerstokkene gli av seg selv fra lasset til veltene når man legger gode sleiper eller underlag. Hvor det er stor avstand fra lasset til veltenes fremkant har tømmeret lett for å legge seg uryddig i velten. Dette volder ekstraarbeide i form av ordning på velte, og man bør legge to eller flere stikkveier parallelt med kotene over velteplassen. Først fyller man den fremste del av velten fra nedre stikkvei, hvoretter man fortsetter avlessingen fra stikkveien ovenfor.

Velteplasser i motbakke på veiens overside bør så vidt mulig unngås. Arbeide med å transportere stokkene oppover fra lasset er meget anstrengende og reduserer prestasjonene i høy grad.

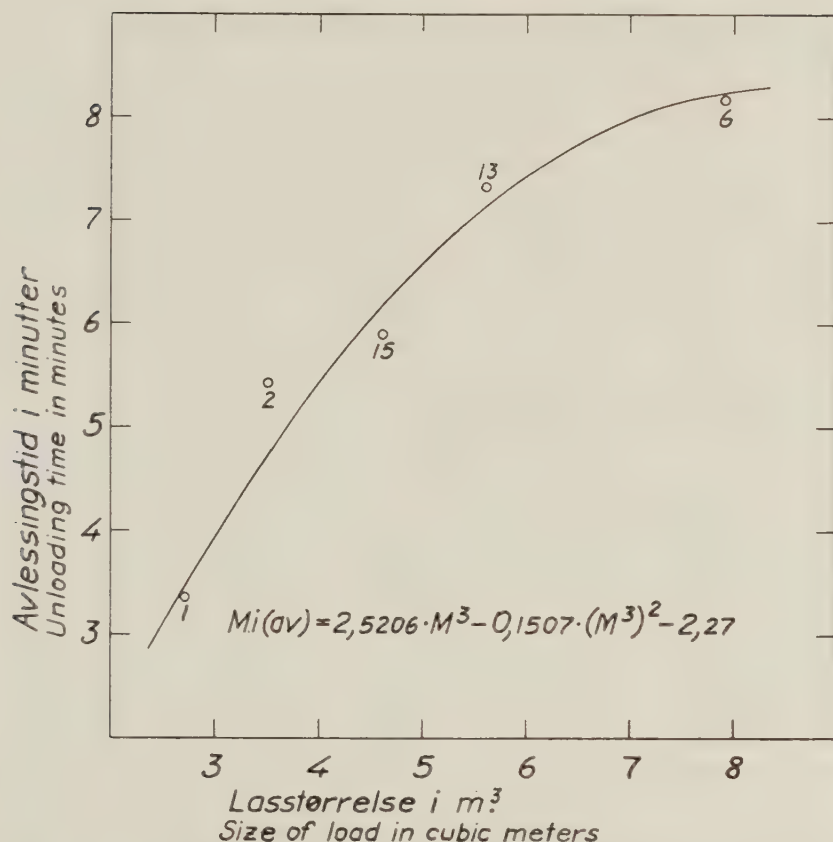


Fig. 141. Hovedtid for manuell avlesing av traktordoning. To mann.
Main time for manual unloading of tractor sleds. Two men.

Det er meget viktig at velteplassene ryddes på barmark. De må være fri for busker, trær, stubber og stein som hindrer flytting av stokkene fra lass til velte.

Denne undersøkelse refererer seg til horisontale eller svakt skrånende velter hvor avlesing skjer på doningens nedside. På de horisontale velter kunne vi kjøre helt inn til veltens bakside. (Se fig. 140).

Da materialet for tidsstudiene under avlesing var forholdsvis lite, har vi ikke funnet noe utslag for stokkdimensjonen. Vi har derfor begrenset oss til å studere prestasjonenes variasjon med lasstørrelsen på de forskjellige doninger.

Under traktortransport ble avlesingen utført av to mann ved hver traktor, og undersøkelsen omfatter 6 arbeidere. Det viste seg

at hovedtiden ($Mi(av)$ i minutter pr. lass) varierer med lasstørrelsen (M^3 i kubikkmeter) etter formelen:

$$Mi(av) = 2,5206 \cdot M^3 \div 0,1507 \cdot (M^3)^2 \div 2,27 \quad (56)$$

Korrelasjonen mellom de observerte og utjevnete tider er $R = 0,9702$ og materialets spredning omkring funksjonen er $S = 4,05 \%$. Regresjonskoeffisientene er signifikante, idet $\sigma b_2 = 9,75 \%$ og $\sigma b_3 = 13,84 \%$.

Fig. 141 viser sammenhengen mellom avlessing hovedtid og lasstørrelsen. Det vil fremgå av figuren at avlessingstiden pr. m^3 avtar med økende lasstørrelse. Dette er rimelig, fordi det er utslagbare staker på doningene. Dette fører til at en større del av lasset raser ut av seg selv etter utløsning av stakene, jo større lasset er.

Hjelpetidene ved doning gjelder utløsning av staker, ordning av staker og kjettinger før og etter avlessing, justering av avstand mellom bukk og geit for returkjøring av tom doning m. v. Vi fant følgende gjennomsnittlige doning-hjelpetider i min. pr. lass:

Moelvdoning nr. 154 II	(utslagbare staker)	$Mi(av) = 4,399 \pm 0,081$
»	III (utslagbare rør)	$Mi(av) = 3,481 \pm 0,082$
Sesamdning II	(faste rørstaker)	$Mi(av) = 3,215 \pm 0,083$
	III (utslagbare staker)	$Mi(av) = 4,349 \pm 0,124$
»	IV (utslagbare rør)	$Mi(av) = 4,117 \pm 0,123$

Det vil fremgå at utslagbare stålrør er bedre enn de anvendte utslagbare staker, særlig fordi rørstakenes låsmekanisme er bedre. Det er signifikant forskjell for geitdoningens vedkommende, men ikke for Sesamdningene. Også i dette tilfelle er det imidlertid en tendens til kortere hjelpetid ved bruk av rørstaker.

Det er bemerkelsesverdig at hjelpetidene var så lave ved Sesamdning II, som hadde faste stålrørsstaker. Dette var stålrør stukket ned i hylser ved lastebankenenes ender, og utløsingen foregikk ved å bende dem opp med et spett. Da det var lite av utstyr og mekanismer å holde greie på, ble hjelpetidene lave. Under utløsning av stakene måtte mannskapet stå på den side som lasset raste ut. Dette var et farlig arbeide, og konstruksjonen kan derfor ikke anbefales på tross av de lave hjelpetider. Utløsingen av de øvrige staker foregikk fra den motsatte side av lasset.

Det viser seg at det ikke er merkbar forskjell i hjelpetidene for geitdoningene og Sesamdningene. Da vi brukte hjelpetider for

Moelvdoning nr. 154 II til vurdering av prestasjonene under pålessing, vil vi for avlessingens vedkommende regne med en doning-hjelpetid på 4,399 min/lass.

Utjevningen av tidene for hjelpetider ved velteplassen gav følgende resultat:

Legging av sleiper	$0,431 \pm 0,136$ min/lass
Ordning av stokker på velte..	$1,091 \pm 0,198$ min/lass

Den store spredning skyldes at disse tider ikke forekom ved hvert lass, og varierte ellers meget fra lass til lass.

Ved å summere funksjonen for avlessing hovedtid (formel 56) og middeltallene for hjelpetidene, fremkommer funksjonen for virketid under avlessing:

$$M_i(\text{av}) = 2,5206 \cdot M^3 \div 0,1507 \cdot (M^3)^2 + 3,65 \quad (57)$$

På samme måte som vist under diskusjon av funksjonen for virketid under pålessing (formel 49) har vi prøvet formel (57) på det innsamlete materiale. Vi fant en korrelasjon på $R = 0,6665$ mellom de observerte tider og tidene ifølge formelen. Materialets spredning i forhold til funksjonen er $S = 3,24$ minutter, eller 26,88 % av den gjennomsnittlige avlessingstid i materialet. Utjevningen er altså brukbar, men den lave korrelasjon og høye spredning tyder på at det ikke er lykket å ta hensyn til alle de faktorer som påvirker prestasjonen under avlessingen. Av slike faktorer kan særlig nevnes stokkdimensjonen, avstand og hellingsforhold mellom lass og velte m. v. Den høye spredning omkring hjelpetidene bidrar også til en høy spredning omkring funksjonen. Materialet var imidlertid for lite til å ta hensyn til de nevnte faktorer, og da avlessingstiden i seg selv er en forholdsvis liten tid, har en mere detaljert bearbeiding større teoretisk enn praktisk interesse.

Formel 57 representerer gode praktiske gjennomsnittsverdier for virketiden under avlessing på hensiktsmessige velter, slik vi har beskrevet dem i begynnelsen av kapitlet.

Tabell 31 viser virketidens variasjon med lasstørrelsen under avlessing av traktordoning. (Moelvdoning nr. 154 II). Tabellen gir også en oversikt over deltidens relative andel av virketiden. Av særlig interesse er det å legge merke til, at hjelpetiden ved doning spiller en forholdsvis stor rolle for avlessingstiden. Den representerer fra 54—32 % av virketiden når lassene varierer fra 2 til 10 m³.

Avlessingens andel av arbeidsplasstiden kan nå finnes ved å legge tapstidene til virketidene ifølge tabell 31. Som tidligere nevnt var tapstidene gjennomsnittlig 6,70 % av virketiden når transporten utførtes med Moelvdoning nr. 154 II (tabell 23).

Ovenfor har vi behandlet 2-manns avlessing av kappet tømmer fra traktordoning, idet tømmerlengdene hovedsakelig varierte fra 4 til 6 meter. I Jysereid transporterte vi tømmer i hele lengder (fig. 136). Velteplassene var sammenlignbare med de ovennevnte, og avlessingen ble utført av to mann. Vi undersøkte tidsøkningen under avlessing av tømmer i hele lengder i prosent av tiden for avlessing av kappet tømmer. Tidsøkningen viste seg å være $2,93 \pm 5,59$ %, og er altså ikke signifikant. Dette betyr at vi ikke fant noen merkbar forskjell i avlessingstiden enten tømmeret er kappet eller ukappet.

Under hestetransport besørget kjørekaren avlessingen alene på velteplasser av samme type som de vi brukte under traktortransportene. Da materialet er for lite til å gi en detaljert analyse av deltidens variasjon med forholdene, har vi begrenset oss til å finne prestasjonens variasjon med lasstørrelsen på VSA-doningen og Moelvdoning nr. 144.

I fig. 142 er avlessingens hovedtider utjevnet grafisk. På tross av den forholdsvis store variasjon fra lass til lass, ser vi at hovedtiden øker med lasstørrelsen. Når man lesser av VSA-doningen, er sammenhengen mellom lasstørrelse og tid av samme type som for traktordoningenes vedkommende. Dette er rimelig, da doningen har utslagbare lessestaker, hvilket fører til lavere avlessingstid jo større lasset er. Moelvdoning nr. 144 mangler lessestaker og har kortere lastebanker enn VSA-doningen. Dette fører til større hovedtider under avlessingen. Det er bemerkelsesverdig i hvor høy grad hovedtiden øker med lasstørrelsen for Moelv-doningens vedkommende. Økningen er særlig stor når lassene er større enn 2,5—3 m³. Da blir nemlig lasset så høyt og sveller så meget ut til sidene, at det har lett for å rase ut på begge sider av doningen når man løser bjørnebindingene. Forholdet lærer oss at det er nødvendig med utslagbare lessestaker på doningen, og at den innvendige lastebredde minst bør være 140—145 cm for å oppnå rasjonelle lass.

Hjelpetidene for ordning av staker og kjettinger før og etter avlessing, utløsning av stakene, regulering av avstanden mellom

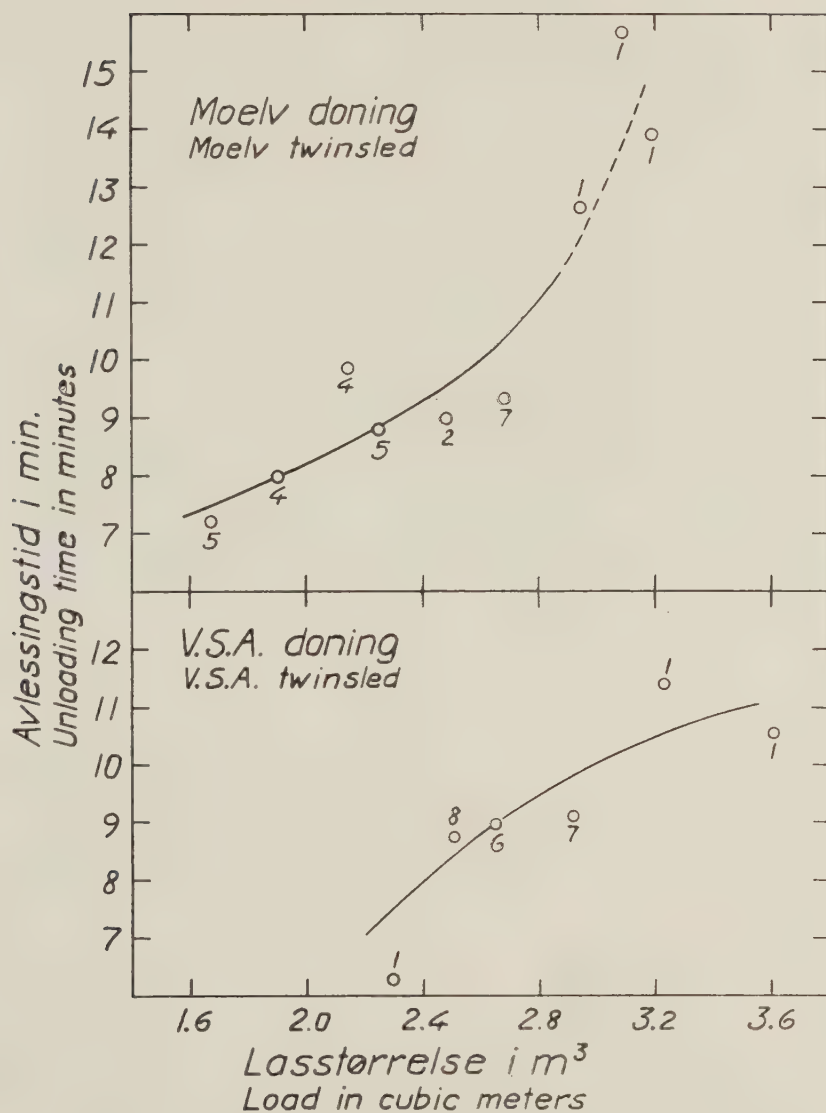


Fig. 142. Hovedtid for manuell avlesing av hestedoninger.
Main time for manual unloading of horse sleds.

bukk og geit etter avlesingen m. v. er samlet i hjelpetidene ved doning. Vi fant følgende gjennomsnittstider:

VSA-doning $Mi(av) = 3,603 \pm 0,104$ min/lass
 Moelv-doning nr. 144 $Mi(av) = 3,034 \pm 0,075$ »

Det er rimelig at disse hjelpetider er størst for VSA-doningens vedkommende, fordi lessestakene ikke var driftssikre. Ved en mere hensiktsmessig konstruksjon av stakene skulle det være mulig å redusere hjelpetidene.

Hjelpetidene ved velteplass omfatter legging av underlag og sleiper, samt ordning av stokker på velten. De representerte gjennomsnittlig:

$$M_i(\text{av}) = 1,616 \pm 0,034 \text{ min/lass}$$

Under traktortransport er de tilsvarende hjelpetider $0,431 + 1,091 = 1,522$ min/lass, hvilket betyr at hjelpetidene ved velteplass er praktisk talt like store for de to transportmåter.

Ved å summere hovedtider og hjelpetider får vi virketiden pr. lass under avlessingen. Virketidenes variasjon med lasstørrelsen er vist i tabell 32. Arbeidspasstiden pr. lass fremkommer ved å legge tapstiden til virketiden. Vi har tidligere sett at avlessingens taptider gjennomsnittlig utgjorde 6,32 % av virketiden.

EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE AV RESULTATENE TIL BEREGNING AV TRANSPORTPRESTASJONER OG TRANSPORTOMKOSTNINGER

Her vil bli sammenlignet prestasjonene ved heste- eller traktortransport på snepakket vei. Vi forutsetter at veien ikke har sjenerende utforbakker. Vi gjennomfører beregningen for horisontal vei, og for vei hvis bratteste motbakker er 50 ‰. Da den trekkraft hesten kan yte varierer med motbakkenes lengde, utfører vi kalkylen i to alternativer, nemlig for 100 meter og 300 meter lange motbakker. Hestetransporten utføres av en kjørekar og hest med VSA-doning. Traktortransporten utføres av traktorfører og medhjelper med Ferguson halvbeltetraktor og Moelv-doning nr. 154. Arbeide med å ta opp og pakke veien holdes utenom dette eksempel. Vi forutsetter m. a. o. at skogeieren har bekostet dette arbeid, og at omkostningene er like store for heste- og traktorveiene. I tiden etter at sneen er pakket, kjører man vanligvis mindre lass. Vi regner med halv prestasjon i 20 ‰ av driftssesongen. Videre regnes med et vedlikehold av 2 slåddeturer pr. uke.

Forutsetninger og betegnelser:

- Q = Traktorens og nyttelastens vekt på trekkrok = 2,44 tonn.
Bt = Belastning fra nyttelast på trekkrok = 1,0 tonn.
Qd = Vekt av lass og doning på meiene. Hestedonings vekt settes til 0,2 tonn, og traktordonings vekt 0,45 tonn.
T = Trekkraft. Hestens trekkraft på horisontal vei... 135 kg
Hestens trekkraft i 300 m lange 50 ‰ stign.. 150 kg
Hestens trekkraft i 100 m lange 50 ‰ stign.. 220 kg
Traktorens maksimale trekkraft 800 kg
fg = Meienes friksjonskoeffisient = 35 kg/tonn.
fr = Traktorens rullemotstand = 55 kg/tonn.
km = Veiens lengde i km.

Mit = Arbeidsplasstid i minutter pr. m³ for traktortransport.

Mih = Arbeidsplasstid i minutter pr. m³ for hestetransport.

By = Transportomkostninger i kr/m³ for traktortransport.

Hy = Transportomkostninger i kr/m³ for hestetransport.

A. Lasstørrelsen ved traktortransport.

Vi regner med at traktorens lass er så store at den kan trekke dem opp de bratteste motbakker med 800 kg trekkraft. Tidligere er vist at traktoren kan yte større trekkraft enn dette. De bratteste motbakker er 1 : 20 eller 50 ‰, men det forutsettes at traktoren skal kunne ta seg opp enkelte kneiker med 67 ‰ stigning eller 1 : 15. På horisontal vei kjører traktoren med de samme lass, idet den større transportkapasitet oppnåes gjennom større kjørehastighet.

$$Q_d = \frac{T \div B_t \cdot fr \div Q \cdot s}{fg + s} = \frac{800 \div 1,0 \cdot 55 \div 2,44 \cdot 67}{35 + 67}$$

$$Q_d = \underline{5,71 \text{ tonn.}}$$

Når tømmerets volumvekt settes til 0,8 tonn/m³, blir lasstørrelsen:

$$M^3 = (Q_d + B_t \div 0,45) \cdot 1,25 = (5,71 + 1,00 \div 0,45) \cdot 1,25$$

$$M^3 = \underline{7,83 \text{ m}^3/\text{lass}}$$

Til sammenligning kan nevnes at hvis maksimumsstigningen var 1 : 20 eller 50 ‰, ville lasstørrelsen blitt 9,85 m³/lass.

B. Lasstørrelsen ved hestetransport.

På horisontal vei er hestens trekkraft 135 kg, og vi får følgende lasstørrelse:

$$Q_d = \frac{T}{fg} = \frac{135}{35} = \underline{3,86 \text{ tonn.}}$$

$$M^3 = (3,86 \div 0,20) \cdot 1,25 = \underline{4,58 \text{ m}^3/\text{lass}}$$

Ved hjelp av tabell 13 kan vi finne lasstørrelsen i motbakker med 50 ‰ stigning:

$$100 \text{ meter lange bakker} \dots\dots M^3 = \underline{2,98 \text{ m}^3/\text{lass}}$$

$$300 \text{ meter lange bakker} \dots\dots M^3 = \underline{1,95 \text{ m}^3/\text{lass}}$$

Til sammenligning kan nevnes at hvis motbakkene var 1 : 15 eller 67‰ stigning, ville lasstørrelsen bli henholdsvis 2,45 og 1,59 m³/lass.

C. *Arbeidsplasstid pr. m³ og km under traktortransport.*

Som eksempel velges kjøring i 50‰ stigninger, stokkenes gjennomsnittsdimensjon settes til 0,1 m³/stokk, avstand mellom lunne og lass 4 meter, og løftehøyde under pålessing 0,5 meter.

Virketid for lasskjøring (tabell 17)	8,36 min/lass/km
Virketid for returkjøring (tabell 20)	2,97 »
Tapstider (14,96 % av 11,33 min/lass/km) ...	1,69 »
Arbeidsplasstid pr. lass under kjøring	<u>13,02 min/km</u>

Virkekjøring for rundkjøring	3,98 min/lass
Tapstid (14,96 % av 3,98 min/lass)...	0,60 »
Arbeidsplasstid for rundkjøring	4,58 min/lass
Virketid for pålessing (tabell 24, 25 og 26)	41,47 min/lass
Virketid for avlessing (tabell 31).....	14,15 »
Tapstider (6,70 % av 55,62 min/lass) ..	3,73 »
Arbeidsplasstid for på- og avlessing	<u>59,35 min/lass</u>
Arbeidsplasstid pr. lass for rundkjøring, på- og avless.	<u>63,93 min/lass</u>
Arbeidsplasstid i min pr. m ³ under traktortransport:	

$$\text{Mit}' = \frac{1}{7,83} \cdot (13,02 \cdot \text{km} + 63,93)$$

$$\text{Mit}' = 1,66 \cdot \text{km} + 8,16 \quad (58)$$

Denne arbeidsplasstid medgår pr. m³ i 80 % av driftssesongen. I 20 % av driftssesongen er arbeidsplasstiden dobbelt så stor pr. m³:

$$\text{Mit} = \text{Mit}' \cdot 0,8 + 2 \cdot \text{Mit}' \cdot 0,2 = 1,2 \cdot \text{Mit}'$$

$$\text{Mit} = 1,992 \cdot \text{km} + 9,792 \quad (59)$$

D. *Arbeidsplasstid pr. m³ og km under hestetransport.*

Vi velger de samme forutsetninger som nevnt under punkt C, idet motbakkens gjennomsnittslengde settes til 100 meter.

Virketid for lasskjøring (tabell 14)	19,70 min/lass/km
Virketid for returkjøring	12,60 »
Tapstider (20,3 % av 32,3 min/lass/km)	6,56 »
Arbeidsplasstid pr. lass under kjøring	<u>38,86 min/km</u>

Virketid for rundkjøring	4,10 min/lass
Tapstid (20,3 % av 4,1 min/lass)	0,83 »
Arbeidsplasstid for rundkjøring	<u>4,93 min/lass</u>
Virketid for pålessing (formel og (47) tabell 29 og 30)	24,40 min/lass
Virketid avlessing (tabell 32)	15,17 »
Tapstid (6,32 % av 39,57 min/lass)...	2,50 »
Arbeidsplasstid for på- og avlessing	<u>42,07 min/lass</u>
Arbeidsplasstid pr. lass for rundkjøring, på- og avless.	<u>47,00 min/lass</u>

Arbeidsplasstid i min. pr. m³ under hestetransport:

$$\text{Mih}' = \frac{1}{2,98} \cdot (38,86 \cdot \text{km} + 47,00)$$

$$\text{Mih}' = 13,04 \cdot \text{km} + 15,77 \quad (60)$$

Da vi regner med halve prestasjoner i 1/5 av driftssesongens lengde kan formel (60) omskrives slik, for å gjelde gjennomsnittsprestasjonen i driftssesongen:

$$\text{Mih} = 1,2 \cdot \text{Mih}'$$

$$\text{Mih} = 15,65 \cdot \text{km} + 18,92 \quad (61)$$

E. Omkostninger ved traktortransport.

Det forutsettes at man anvender Ferguson dieseltraktor til en innkjøpspris av kr. 14.000,— og salgsverdi etter 10 års bruk kr. 2000,—. I dette eksempel regnes ikke særskilt avskrivning på traktorgummien, idet vi regner med at utskiftning av gummi inngår i vedlikeholdet. Kjøpesummen for Moelvdøning nr. 154 settes til kr. 1800,— og doningen avskrives til kr. 0,— på 10 år. Sneutstyret (halvbelter, traktorski og slådd) anskaffes for kr. 4000,— og avskrives til kr. 0,— på 5 år. Brukstiden anslåes til 400 timer pr. år i tømmertransport. Videre forutsettes at traktoren brukes 300 timer pr. år i jordbruket. Det regnes med 5 % i renter.

Faste omkostninger:

$$\text{Avskrivning av traktor: } \frac{1}{700} \cdot \frac{14000 \div 2000}{10} \dots = 1,71 \text{ kr/time}$$

$$\text{Renter: } \frac{1}{700} \cdot \left(\frac{14000 \div 2000}{2} + 2000 \right) \cdot 0,05 \dots = 0,57 \text{ »}$$

$$\text{Avskrivning av sneutstyr: } \frac{1}{400} \cdot \frac{4000}{5} \dots = 2,00 \text{ »}$$

$$\text{Renter: } \frac{1}{400} \cdot \frac{4000}{2} \cdot 0,05 \dots = 0,25 \text{ »}$$

$$\text{Avskrivning av doning: } \frac{1}{400} \cdot \frac{1800}{10} \dots = 0,45 \text{ »}$$

$$\text{Renter: } \frac{1}{400} \cdot \frac{1800}{2} \cdot 0,05 \dots = 0,11 \text{ »}$$

$$\text{Brannforsikring: } 1,5 \text{ ‰ av } \frac{1}{700} \cdot 14000 \dots = 0,03 \text{ »}$$

Arbeidslønn: Traktorfører 3,70 kr/time

Medhjelper..... 3,45 »

Tilsammen 7,15 kr/time

Feriegodtgjørelse .. 0,57 »

Trygdepremie 0,08 »

Rikstrygdeverket . 0,36 »

Arbeidsledighetstr. 0,03 » = 8,19 »

Variable omkostninger:

$$\text{Dieselolje: } 2,5 \text{ liter/time } \cdot 0,35 \text{ kr/liter} \dots = 0,88 \text{ »}$$

$$\text{Smøreolje} \dots = 0,33 \text{ »}$$

$$\text{Reparasjon av traktor: } \frac{1}{700} \cdot \frac{14000}{10} \cdot 0,80 \dots = 1,60 \text{ »}$$

$$\text{Reparasjon av sneutstyr: } \frac{1}{400} \cdot \frac{4000}{5} \cdot 0,50 \dots = 1,00 \text{ »}$$

$$\text{Reparasjon av doning: } \frac{1}{400} \cdot \frac{1800}{10} \cdot 0,50 \dots = 0,23 \text{ »}$$

Samlete omkostninger..... 17,35 kr/time.

Dette tilsvarer 0,2892 kr min. Derved finnes transportomkostningene i kr km. By ved hjelp av formel 59 på følgende måte:

$$\text{By} = \text{Mit} \cdot 0,2892 = (1,992 \cdot \text{km} + 9,792) \cdot 0,2892$$

$$\text{By} = 0,576 \cdot \text{km} + 2,832 \quad (62)$$

F. Omkostninger ved hestetransport.

Hestens kjøpesum settes til kr. 2500,— (5-åring), og slakteverdien etter 10 års bruk kr. 750,—. Anskaffelse av seletøy koster kr. 500, og selenes avskrives på 10 år. Innkjøpspris for doning er kr. 500, og avskrivningstiden er 10 år. Vi forutsetter at hesten brukes 100 dager pr. år i skogen, og at dette representerer 60 % av den samlede brukstid i skog- og jordbruk. Av den tid hesten arbeider i skogen, forutsettes det å medgå 60 dager til regulær tømmertransport.

Faste omkostninger:

Avskrivning av hesten: $\frac{2500 \div 750}{10}$	= 175,00 kr/år
Renter: $(\frac{2500 \div 750}{2} + 750) \cdot 0,05$	= 81,25 »
Stallrom	= 100,00 »
Forsikring: 4,5 ‰ av kr. 2500,—	= 11,25 »
Stell av hest: 160 timer à kr. 3,00	= 480,00 »
Livnæringsfor: 1800 f. e. à kr. 0,50	= 900,00 »
Veterinær, skoning	= 125,00 »
Avskrivning av seletøy: $\frac{500}{10}$	= 50,00 »
Renter: $\frac{500}{2} \cdot 0,05$	= 12,50 »
Reparasjon og vedlikehold av seler: $\frac{500}{10} \cdot 0,05$	= 25,00 »
Sum faste omkostninger ved hestehold	<u>1960,00 kr/år</u>
Faste omkostn. til hest og seletøy: $\frac{1}{100} \cdot 1960 \cdot 0,60$	= 11,76 kr/dag
Avskrivning av doning: $\frac{1}{60} \cdot \frac{500}{10}$	= 0,83 »
Renter: $\frac{1}{60} \cdot \frac{500}{2} \cdot 0,05$	= 0,21 »
Lønn til kjørekar	= 32,00 »
Overføres	<u>44,80 kr/dag</u>

Overført	44,80 kr/dag
<i>Variable omkostninger:</i>	
Produksjonsfor: 5 f. e. å kr. 0,50.....	= 2,50 »
Reparasjon og vedlikehold av doning:	
$\frac{1}{60} \cdot \frac{500}{10} \cdot 0,5$	= 0,42 »
Samlete omkostninger	47,72 kr/dag

Dette tilsvare 0,0995 kr/min. Ved hjelp av formel (61) kan vi finne omkostningene i kr/km (Hy) slik:

$$\begin{aligned} \text{Hy} &= \text{Mih} \cdot 0,0995 = (15,65 \cdot \text{km} + 18,94) \cdot 0,0995 \\ \text{Hy} &= 15,57 \cdot \text{km} + 18,81 \end{aligned} \quad (63)$$

G. Grenseveilengden for heste- og traktortransport.

Når veiene er meget korte, blir vanligvis hestetransporten billigere enn traktortransporten. Ved en viss veilengde er de to transportformer like kostbare. Er veien lenger enn dette, lønner det seg å anvende traktortransport. For de forutsetninger som er valt i dette eksempel, kan vi finne grenseveilengden, eller den veilengde der de to transportformer er like kostbare, ved å sette $\text{By} = \text{Hy}$. Ovenfor har vi imidlertid bare tatt hensyn til selve transporten. Det er også nødvendig å ta hensyn til vedlikeholdet av veien. Da vedlikeholdet omfatter to slåddeturer pr. uke, medgår det følgende arbeidsplasstider til dette arbeide:

Hestetransport: ... $2 \cdot (12,6 \cdot \text{km} + 5) = 25,2 \cdot \text{km} + 10 \text{ min/uke}$.

Traktortransport:.. $2 \cdot (6,0 \cdot \text{km} + 5) = 12,0 \cdot \text{km} + 10 \text{ min/uke}$.

Selve transportens produksjonstid representerer altså mindre enn 48 timer eller 2880 minutter pr. uke. Ved å ta hensyn til dette forhold, kan grenseveilengden beregnes ved hjelp av formel (62) for By og formel (63) for Hy på følgende måte:

$$\text{By} \cdot \frac{2880}{2870 \div 12,0 \cdot \text{km}} = \text{Hy} \cdot \frac{2880}{2870 \div 25,2 \cdot \text{km}}$$

Formlene for By og Hy settes inn i uttrykket og vi kommer frem til ligningen:

$$\text{km}^2 \div 249 \cdot \text{km} \div 266 = 0$$

Løsningen av ligningen gir oss en grenseveilengde mellom hest- og traktortransport på 1,1 km i dette tilfelle.

En lignende beregning som vist ovenfor er gjennomført for en del alternativer. Resultatet av beregningen gir oss følgende grenseveilengder mellom heste- og traktortransporter:

Motbakkens stigning i ‰	Motbakkens lengde i meter	Grenseveilengde i kilometer	
		Gjennomsnittlig stokkdimensjon	
		0,1 m ³ /stokk	0,2 m ³ /stokk
0	—	2,5	1,8
50	100	1,1	0,6
50	300	0,5	0,2

Under vurderingen av dette resultat må man være klar over de forutsetninger som eksemplet refererer seg til. Vi har valt rasjonelle transporter på effektive transportveier. Særlig for hestetransportens vedkommende er tilstanden i praksis vanligvis ikke så tilfredsstillende som eksemplet forutsetter. Det er derfor av stor betydning å legge arbeid på fremme av mere rasjonell hestetransport, såvel når det gjelder valg av hensiktmessig doningstype, som planlegging og vedlikehold av hesteveiene.

Da vi i eksemplet bare har regnet med arbeidsplasstiden, må omkostningene ifølge formel (62) og (63) ikke direkte danne grunnlag for betaling for slike transporter. I vinterens løp må vi regne med en del hjelpetider i form av proviantering, kojedager p. g. a. dårlig vær m. v. Det er med andre ord produksjonstiden som må legges til grunn for akkordberegning av transportene (se fig. 32).

SAMMENDRAG

1. Sne.

Den sne som faller til bakken består av mer eller mindre regelmessige dendrittiske eller stjerneformete krystaller. De er lett å sjelne i kaldt, stille vær. I mildt vær er krystallveksten oftest raskere og krystallene hefter seg til hverandre, så de faller til bakken i form av større snefloker. I kaldt vær med sterk vind blir snekrystallene ofte ødelagt når de kolliderer med hverandre og når bakken som istykkerrevne små snekorn. Den samme mekaniske påkjenning kan forekomme når sterk vind feier over nyfallen sne. Den istykkerrevne pulversne legger seg i lesider bak forhøyninger i terrenget og danner en mer eller mindre tett pakket fokksne. Den

form sneen opptrer i når den legger seg til ro på bakken er derfor sterkt avhengig av de forhold snekrystallene møter underveis ned gjennom luftlagene.

2. Sneens omdannelse.

Så snart nysneen har lagt seg til ro på bakken begynner en fysikalsk omdannelse som i første rekke er avhengig av temperaturen og luftfuktigheten. Man kan skille mellom:

- a) Sublimasjonsmetamorfose.
- b) Smeltemetamorfose.

I kaldt vær opptrer den fysikalske omdannelse vesentlig i form av sublimasjonsmetamorfose. Ismolekylene vandrer fra hjørner på snekrystallene og avsetter seg i fordypningene, fordi poreluftens metningstrykk er størst rundt krystallets hjørner og spisser. Dette fører til at snekornene etter hvert inntar en avrundet form. Det blir en finkornet sne med snekorndiameter 0,5—1 mm. Omdannelsen går raskest ved snetemperaturer fra 0°C til $\div 5^{\circ}\text{C}$, men går meget tregt hvis det er kaldere enn $\div 8^{\circ}\text{C}$. Da ismolekylene sitter løsere festet til snekornene jo mindre snekorndiameteren er, vil de vandre fra de små snekorn og avsette seg på de større. Etter hvert dannes det derfor en grovkornet sne med snekorndiameter 1,5—2,5 mm.

Av fig. 34 ser man at vanddampens metningstrykk varierer med temperaturen. Ved store temperatursvingninger foregår derfor omdannelsen raskt selv i kaldt vær. Når temperaturen stiger utover dagen, blir forbindelsen mellom snekornene løsere, og snedekket synker sammen på grunn av sin egenvekt. Utover natten synker temperaturen, hvilket fører til at snekornene fryser tettere sammen igjen.

I kaldt vær vil oftest temperaturen avta fra bakken mot sneoverflaten. Den varme luft trenger oppover gjennom snelagene og ved avkjølingen synker metningstrykket, slik at ismolekyler vandrer fra poreluften og avsetter seg på snekrystallene. I en grovkornet sne kan man derfor få en ny krystalldannelse, idet det danner seg begerformete eller prismeformete krystaller. Dette hender vanligvis i snelag nærmest bakken, og resultatet blir en sukkerformet sne med liten sammenhengskraft.

Hvis snetemperaturen er 0°C , vil snekornene smelte i overflaten og innta en avrundet form. Denne smeltemetamorfose går meget

raskt. I nysne vil porevolumet lett fylles med vann særlig ved sammenpakking, og kornene holdes kraftig sammen på grunn av hårrørskraften (kram sne). I eldre grovkornet sne fører smelte-metamorfosen til ytterligere avrunding av kornene og kan bryte ned begerkrystallene som er dannet ved sublimasjonsmetamorfose nærmest bakken.

Etter sterk solbestråling eller kortvarig regnvær med påfølgende frost, vil smeltevannet danne et gitterverk av is mellom snekornene. Vi får skare.

I overensstemmelse med det utviklingstrinn sneens fysikalske omdannelse har nådd, kan vi skille mellom følgende snetyper:

- Nysne: Pulversne (tørr nysne).
 Klabbsne (våt nysne).
 Fokksne (vindslitt nysne).
- Gammel sne: Finkornet sne (kornstørrelse opp til 1,5 mm).
 Grovkornet sne (kornstørrelse over 1,5 mm).
 Rennsne (begekrystaller eller prismar)
 Skare.

3. *Snepakket vei.*

Når sneen brukes til å forme veibanen, må man dra nytte av den fysikalske omdannelsesprosess for å få en fast og jevn kjørebane. Sneen presses sammen ved mekanisk påkjenning, så luften presses ut av sneen og snekornene blir liggende tettere inn til hverandre. Derved blir snedekket mindre isolerende og følger lettere luftens temperatursvingninger. Dette fører til en raskere omdannelse så snekornene øker i størrelse og fryser bedre sammen. Er det telefri bakke, vil det bli teledannelse under veidekket (fig. 46—55). Etter pakkingen er veien oftest ujevn (fig. 56 og 57). Veien bør derfor slåddes (fig. 58). Derved fjerner man uregelmessige og løsere snepartier på veioverflaten og flytter dem til fordypninger i veien. Da de løse snepartikler virker isolerende blir veien mere mottagelig for luftens temperaturvariasjoner etter slåddingen. Samtidig blander man kalde snekorn med varmere lenger nede i veidekket og grovere snekorn med finkornet sne. Begge deler bidrar til å påskynde sublimasjonsmetamorfosen i veidekket. Man bør slådde om kvelden for å dra nytte av nattefrostens herdende virkning. Man bør kjøre en slåddetur hver gang, for ikke å ødelegge

blandingen av kaldere og varmere snekorn etter første tur. Slåddingen har altså en dobbeltsidig oppgave. Dels jevner man vei-overflaten og dels bidrar man til å påskynde den fysikalske om-dannelsesprosess i veidekket. Etter hvert oppnår man derfor en jevn og solid veibane med volumvekt $0,5\text{--}0,6\text{ kg/dm}^3$ og med en snekornstørrelse på $1,5\text{--}2,5\text{ mm}$.

Etter pakkingsmåten kan man skille mellom:

- a) Bunnpakket snevei.
- b) Sålepakket snevei.

Begynner man pakkingen tidlig etter at det er falt $30\text{--}50\text{ cm}$ sne, oppnår man et bæredyktig veidekke som har stor volumvekt og bruddstyrke helt ned til bakken. Et slikt bunnpakket veidekke gir en solid bæreevne med stor holdfasthet (fig. 59). Veidekkets tykkelse varierer vanligvis fra ca. $30\text{--}60\text{ cm}$ og under veidekket dannes det oftest et telelag. Man kan derfor legge forholdsvis lite arbeid på opparbeiding av snepakquete veier på barmark, idet man kan godta terrengujevnheter på opp til $25\text{--}30\text{ cm}$ over og under markoverflaten. Den bunnpakquete snevei har stor motstandsdyktighet mot nedbryting i vårperioden. (Fig. 46, 49, 50, 51, 52, 54 og 55).

Den sålepakquete snevei kan oppstå på to måter. Hvis man begynner pakkingen for sent i dyp grovkornet sne, blir sneen pakket sammen i overflaten. Såvel volumvekt som bruddstyrke avtar mot bakken. (Fig. 48 og 60). Hvis en bunnpakket vei blir liggende uten transport eller annen pakking i lengre tid, kan det dannes rennsne på grunn av sublimasjonsmetamorfose nærmest bakken. En slik vei har meget til felles med en sålepakket snevei. (Fig. 47). Den sålepakquete snevei kan gi en god veibane på kalde vinterdager. Ved mildværsperioder bryter imidlertid denne veitype fort sammen. Den er derfor lite holdbar om våren.

4. Snepakking.

Ved valg av hensiktsmessig utstyr og ved å planlegge arbeidet riktig kan snepakkingen utføres av transporttraktorene. Det beste resultat oppnår man ved å anvende halvbelter og traktorski på vanlige landbrukstraktorer. Beltenes anleggsareal mot bakken bør avpasses slik at det spesifikke trykk er $0,10\text{--}0,15\text{ kg/cm}^2$. Av de undersøkte traktorer gikk Ferguson best i løs sne (fig. 43 og 44). Den kjører vanligvis frem uten vanskeligheter i 50 cm dyp nysne

og i motbakker på 100—120 %. Deretter kommer Bolinder Munk-tell, med David Brown på tredjeplassen. Den firehjulsdrevne MAN-traktor med tvillinghjul gikk omtrent like godt som David Brown-traktoren med halvbelter. Unimog-traktoren var derimot meget dårlig til å ta seg frem i løs sne på grunn av de små hjul.

Halvbeltetraktorene etterlater seg en jevnere snebane under pakkingen enn de firehjulsdrevne traktorer med tvillinghjul, og holder veibanen jevnere under transporten.

Beltekonstruksjonen har stor betydning. Det beste resultat oppnådde vi med belter som hadde 2" brede *flyteribber* med avstand ca. 4". Flyteribbene bør ha avrundet innside så det ikke pakker seg sne i beltene. Beltene bør utstyres med skovlformete *gripe-ribber* i 40—50 cm avstand. (Fig. 39 og 42).

Nysne med $\div 3$ til $\div 5^{\circ}\text{C}$ gir de vanskeligste kjøreforhold. I slike tilfelle har uhensiktsmessige beltekonstruksjoner, f. eks. David Brownbeltene (fig. 40) og Bolinder Munktellbeltene (fig. 41) lett for å pakke seg fulle av sne så gripeeviden blir dårlig.

Ingen av de nevnte traktorer er spesialmaskiner som tar seg frem i hvilken som helst sne. Ved å begynne pakkingen før det er kommet mere sne enn ca. 50 cm og holde kjøringen i gang under større snefall i vinterens løp kan man imidlertid oppnå en kjørebane som gir grunnlag for effektiv transport, idet traktoren selv pakker og vedlikeholder sin transportvei.

Om mulig bør man begynne snepakkingen ved slutten av lavtrykksperioder, slik at man kan utnytte kaldfrontens temperatursynkning til herdning av veien. I perioder med stabil temperatur og finkornet sne har sneen vanskelig for å fryse sammen i veidekket, særlig hvis det er liten variasjon i dag- og natt-temperatur. Under slike forhold er det meget viktig å anvende belter med skovlformete griperibber. Man bør kjøre små lass, så veien ikke blir ødelagt av sluring. Lasstørrelsen økes suksessivt etter hvert som veien herdner. En sladdetur hver kveld vil påskynde herdningen.

5. Meiefriksjon under bevegelse.

På en ferdigpakket snevei varierer meienes friksjonskoeffisient med snetemperatur og meienes spesifikke trykk mot bakken. Derimot har hastigheten ingen innflytelse innen området fra 4 til 18 km/time. Friksjonskoeffisientene finnes oppgitt i tabell 1 og fig.

72. Minimal friksjonskoeffisient er 17 kg/tonn ved en snetemperatur på $\div 5,8^{\circ}\text{C}$ (tabell 2) og ved et spesifikt meietrykk på $1,04 \text{ kg/cm}^2$. (Tabell 3). Når snetemperaturen varierer fra $\div 2$ til $\div 10^{\circ}\text{C}$, varierer meiefriksjonskoeffisienten vanligvis fra ca. 20 til ca. 40 kg/tonn.

6. Meiefriksjon under start.

Meiefriksjonskoeffisienten under start varierer med snetemperaturen, meienes spesifikke trykk og tiden for stans før meiene rykkes løs.

Koeffisientens størrelse sees av tabell 4 og fig. 73, 74 og 75. Startfriksjonskoeffisienten øker meget raskt med tiden for stans før doningen rykkes løs. Etterat doningen har stått stille i 5—10 minutter er imidlertid økningen forholdsvis liten. Man ser at det skal mere enn 10 ganger så stort kraft til å rykke løs doningen etter en stans på 5 minutter enn til å holde den i bevegelse på horisontal snepakket vei.

7. Traktorenes rullemotstand.

Traktorenes rullemotstandskoeffisient øker med hastigheten (se fig. 76 og 77). For de fleste traktorer er det en tydelig tendens til synkende rullemotstandskoeffisient når traktorens vekt øker. For de bakhjulsdrevne traktorer uten halvbelter øker derimot rullemotstandskoeffisienten når traktorens vekt øker. Av tabell 6 ser man at rullemotstandskoeffisienten vanligvis er vesentlig større enn 40 kg/tonn. Da den er større enn meiefriksjonskoeffisienten under kjøring på fast snepakket veibane, er det en fordel å anvende meiedoning i stedet for hjuldoning. Videre bør man overføre så lite av tømmerets vekt til traktoren som mulig. Man må dog overføre så stor vekt til traktoren at den får tilstrekkelig gripeevne. En geitdoning med belastet trekkbom (Moelvdoning nr. 154) er derfor mer hensiktsmessig enn en semitrailer (Sesamdoning).

8. Traktorens sluring og friksjon.

Den trekkraft traktoren kan yde er begrenset ved at de drivende hjul eller belter slurer mot veibanen. Jo større trekkmotstanden er, dess mer slurer beltene. På fast snepakket veibane oppnår man den største trekkraft eller største friksjonskoeffisient mellom veibane og drivende hjul ved 30 til 60 % sluring. Ved 100 % sluring

er trekkraften vanligvis noe mindre. Da står traktoren i ro med spinnende hjul. Forholdet mellom friksjonskoeffisienten ved 100 % sluring og 30 til 60 % sluring kalles sluringskoeffisient.

For halvbeltetraktorene avtar friksjonskoeffisienten mellom belter og veibane med halvbeltenes belastning på veibanen. Ved synkende temperatur øker friksjonskoeffisienten til et visst maksimum hvorefter den avtar igjen.

Friksjonskoeffisientenes variasjon med beltebelastning og sne-temperatur fremgår av fig. 92 til 97 og av tabell 7.

Friksjonskoeffisienten er også undersøkt for hjul med forskjellig dekkmønster og kjettingutstyr (se fig. 38, 90 og 91). Resultatet sees av figurene 99 til 104, samt tabell 10.

Av de ovennevnte tabeller og figurer vil det fremgå, at når traktoren er utstyrt med gummi-hjul varierer friksjonskoeffisienten under 100 % sluring mellom drivhjul og snepakket veibane vanligvis fra 200 til 300 kg pr. tonn, idet sluringskoeffisienten vanligvis er 40 til 70 %. Ved å utstyre traktoren med hesteskokjetting eller hensiktsmessige halvbelter med griperibber, er imidlertid friksjonskoeffisienten vanligvis større enn 600 kg pr. tonn av beltebelastningen. I dette tilfelle er sluringskoeffisienten 80 til 90 %. Dette betyr at belastningen på de drivende hjul bør være ca. 81 kg pr. hestekraft, hvilket tilsvarer en beltebelastning på ca. 2,3 tonn for en traktor med 28 hestekrefters motor. Denne belastning oppnåes best med en geitdoning med belastet trekkbom (f. eks. Moelv-doning nr. 154).

Når traktoren utstyres med 4-hjulsdrift blir trekkraften større enn om den bare har bakhjulsdrift. Med 1000 kg belastning på MAN-traktorens trekkrok, øker trekkraften med 20 %, når traktoren har enkelthjul uten kjetting. Har MAN-traktoren tvillinghjul bak blir trekkøkningen 17 %, og hvis bakhjulene utstyres med hesteskokjetting blir det bare 4 % økning av trekkraften. Den forholdsvis lave økning av trekkraften skyldes først og fremst at trekkkroken er montert bakenfor bakakselen. Unimogtraktoren har trekkkroken festet foran bakakselen (fig. 13). Ved å anvende firehjulsdrift i stedet for bakhjulsdrift oppnår man i dette tilfelle en økning av trekkraften på 30 % ved enkelthjul og 24 % når hjulene har tverrkjetting. Dette forutsetter 1000 kg belastning på trekkkroken (se fig. 108 og 109).

9. *Traktorens virkningsgrad.*

Virkningsgraden er undersøkt for Ferguson med halvbelter på snepakket vei. Den varierer bl. a. med trekkraften (fig. 111). Ved et motorturtall på 1408 omdr. min. varierer den maksimale virkningsgrad fra 65—74 % og er større jo høyere gear man kjører på. Av fig. 112 og tabell 11 ser man at det ble oppnådd størst virkningsgrad ved en halvbeltebelastning på 2,11 tonn.

Under kjøring på en kupert vei oppnår man bare maksimal virkningsgrad i enkelte motbakker og på horisontal vei. Utnyttelsesgraden er vanligvis mindre enn maksimal virkningsgrad fordi man kjører på et feilaktig turtall, og fordi man mister motoreffekt under skifting fra et gear til et annet (fig. 113 og 114 samt tabell 18). Dessuten foretar man vanligvis gearskifting på et lavere turtall enn det som tilsvaret størst mulig virkningsgrad. (Sammenlign fig. 114 og tabell 19).

Av punkt 7, 8 og 9 vil det fremgå at hvis man f. eks. anvender en Ferguson traktor med halvbelter, bør trekkroken belastes med ca. 1,1 tonn fra doningen. Anvender man en Moelvdoning nr. 154, og friksjonskoeffisienten mellom meier og snepakket veibane er 35 kg/tonn, tilsvaret dette tømmerlass på 9,9 m³ når den bratteste motbakke er 50 ‰ (1 : 20) og 7,8 m³ hvis den bratteste motbakke er 67 ‰ (1 : 15). Dette forutsetter en tømmer volumvekt på 0,8 tonn pr. m³.

10. *Hestens trekkraft.*

De to hesters gjennomsnittlige trekkraft i løpet av driftssesongene 1948/49 og 1949/50 var 135 kg. Dette tilsvaret 23 % av hestenes vekt, og 41 % av hestenes maksimale trekkraft ifølge TERHOS' forsøk (1942). Med en tømmer volumvekt på 0,8 tonn pr. m³ og en meiefriksjonskoeffisient på 35 kg/tonn tilsvaret denne trekkraft en lasstørrelse på 4,6 m³ på horisontal vei. Lasstørrelsen blir sterkt redusert hvis det er motbakker langs veien (se tabell 13).

11. *Underveistider ved hestetransport.*

Hestetransportens underveistider representeres av tid for kjøring med lass, returkjøring med tom doning og rundkjøring ved lunne og velteplasser. Den effektive kjøretid under lasskjøring varierer lite med trekkmotstanden. (Se tabell 14 samt figurene 118, 119 og

120). Under effektiv kjøring er kjørehastigheten ca. 6 km pr. time. Med visse mellomrom stopper imidlertid hesten for å hvile, og hvilepausene er større jo større trekkmotstanden er. Om vi tar hvilepausene med i betraktning, varierer den gjennomsnittlige kjørehastighet fra 2,9 km/time til 6,4 km/time når trekkmotstanden varierer fra 240 kg til 30 kg. Dette gjelder kjøring med VSA-doning. Bruker man de øvrige doninger er hastigheten lavere. Under transport utvikler hesten en nyttbar effekt på ca. 2 hestekrefter ved anvendelse av VSA-doning. Når hesten trekker de øvrige doninger er den nyttbare effekt vesentlig mindre (se tabell 15). VSA-doningen er derfor mest hensiktsmessig av de undersøkte doningkonstruksjoner.

Under returkjøring med tom doning er den gjennomsnittlige kjørehastighet iberegnet hviletider 4,76 km pr. time. Tidene for inn- og utkjøring ved lunne og velte var gjennomsnittlig 4,05 minutter pr. vending. Ved å legge tapstider til de ovennevnte underveistider fremkommer arbeidspasstiden. Tapstidene utgjør gjennomsnittlig 20,3 % av underveistidene.

12. Underveistider ved traktortransport.

Fig. 132 og 133 viser kjørehastighetens variasjon med lasstørrelse, snetemperatur og veiens stigningsforhold under tømmertransport med traktorene Ferguson, MAN og Unimog. Det er av særlig interesse å legge merke til at Ferguson med halvbelter og traktorski har større kjørehastighet i bratte utforbakker enn de to hjultraktorer. Dette skyldes i første rekke at traktorskiene gir grunnlag for en sikrere styring enn forhjul når lasset skyver på i bratte og svingete utforbakker (fig. 134).

Under traktortransport varierer hastigheten med trekkmotstanden og belastningen på trekkroken.

Videre varierer hastigheten med belastningen på trekkroken og trykkraften når doningen skyver på traktoren i utforbakker.

Tabell 17 viser resultatet av undersøkelsen. På horisontal vei eller i motbakke har den letteste av traktorene, nemlig Ferguson de største kjørehastigheter når trekkroken er belastet fra tømmerlasset med ca. 1 tonn. Denne traktor veier 49 kg pr. hestekraft, og må belastes for at ikke beltene skal slure for meget under kjøringen. En traktor som Bolinder Munktel er i seg selv så tung, at det blir liten sluring selv for ubelastet traktor. Den veier 99 kg pr.

hestekraft. Her får vi de største kjørehastigheter ved forholdsvis liten belastning på trekkroken. Av tabell 17 ser man at i flate motbakker med liten trekkmotstand og i utforbakker oppnår man de største kjørehastigheter med Fergusontraktoren særlig på grunn av hensiktsmessig beltekonstruksjon, traktorski og vektfordeling. I bratte motbakker får man derimot de største prestasjoner med tyngre traktorer, som MAN og Bolinder Munkteell, da disse er utstyrt med kraftigere motor.

Vi undersøkte også traktorenes hastighet under returkjøring med tom doning. Tabell 20 viser resultatet av undersøkelsen, og man ser at de største kjørehastigheter er oppnådd med Ferguson, fordi denne traktor er den letteste av de som ble brukt. Man frakter forholdsvis liten dødvekt under returkjøringen. Når man ser på spørsmålet ut fra en transportteknisk synsvinkel, må konklusjonen bli at hvis veien har forholdsvis flate motbakker og bratte utforbakker i lassretningen, bør man velge en lett traktor som f. eks. Ferguson til transporten. Har derimot veien bratte motbakker i lassretningen, bør man velge en tyngre og kraftigere traktor, som f. eks. MAN eller Bolinder Munkteell. De kjørehastigheter man kan regne med fremgår for øvrig av tabell 17 og 20.

Tiden for kjøring til og fra lunne og velteplasser var gjennomsnittlig 3,98 minutter.

Når man til de ovennevnte underveistider legger tapstidene, får man underveistidens andel av arbeidsplasstiden. Tapstidene var gjennomsnittlig 13,4 % under kjøring med Sesamdoning og 15,0 % under kjøring med Moelvdoning nr. 154.

13. Pålessing.

Pålessing av traktordoninger ble utført av to mann fra lesse-rampe (fig. 135). Det viste seg at virketiden under pålessing (i minutter pr. lass) varierte med stokkenes løftehøyde mellom rampe og lass, avstand fra lass til lunne, stokkdimensjonen og lasstorrelsen.

Resultatet av undersøkelsen sees av tabell 24, med tilleggstabellene 25, 26 og 27. Dette gjelder lessing på Moelvdoning nr. 154. Ved å legge tapstidene til de ovennevnte virketider får vi pålessingens andel av arbeidsplasstiden. Tapstidene representerte 6,70 % av virketiden.

Det viser seg at stokkdimensjonen har særlig stor betydning for pålessingstiden. Som eksempel kan nevnes at når den gjennomsnittlige løftehøyde er 0,5 meter og avstanden fra lunne til lass 4 meter, er arbeidsplasstiden under pålessing:

m ³ /lass	m ³ /stokk	
	0,1	0,2
4	28 min/lass	23 min/lass
6	37 »	29 »
8	45 »	35 »

Under hestetransport ble pålessingen utført av en mann. Forholdene ved lunneplassen var sammenlignbare med de to ovennevnte lunneplasser. Det viser seg at pålessingen tar lenger tid for en mann ved hestedoning enn for 2 mann ved traktordoning (se tabell 29). Man må imidlertid opp i en stokkdimensjon på 0,15—0,20 m³/stokk før pålessingen tar dobbelt så lang tid, eller med andre ord at prestasjonen pr. mann er den samme.

Disse resultater skriver seg fra godt planlagte lunneplasser. Ved urasjonelle lunneplasser og ved pålessing av tømmer i hele lengder er prestasjonene betydelig lavere. (Se fig. 137).

14. Avlessing.

De velteplasser som ble anvendt i undersøkelsen var godt planlagte. De lå på horisontal mark eller i svak helling på nedsiden av veien. Under traktortransport ble arbeidet utført av to mann.

Tabell 31 viser resultatet av tidsstudiene. Man ser at virketiden under avlessing gjennomsnittlig var:

2 m ³ /lass	.....	8,1 minutter/lass	
4 »	.....	11,3	»
6 »	.....	13,4	»
8 »	.....	14,2	»

Tapstidene representerte gjennomsnittlig 6,70 % av virketidene. Ved å legge tapstider til virketider fremkommer avlessingens andel av arbeidsplasstiden.

Under hestetransport var velteplassene av samme kvalitet som for traktortransportene. Avlessingen ble imidlertid utført av en mann ved hver doning. Tidsstudiene viste at virketiden under av-

lessing av VSA-doningen varierer med lasstørrelsen på følgende måte: (Se tabell 32):

2,0 m ³ /lass	.....	11,4 minutter/lass	
3,0	»	.....	15,3
4,0	»	.....	16,3

For å få arbeidspasstiden må man legge til tapstidene, som gjennomsnittlig representerer 6,32 % av virketiden under avlessing av hestedoninger.

Såvel på- som avlessingsundersøkelsen viser at det er nødvendig å utstyre doningene med utslagbare lessestaker. I motsatt fall er det vanskelig å lesse tilstrekkelig store lass (fig. 139). Hvis doningene ikke er utstyrt med hensiktsmessige staker, blir dessuten prestasjonen under på- og avlessing vesentlig lavere enn det som er nevnt ovenfor.

15. Grenseveilengden for heste- og traktortransport.

Ved hjelp av de resultater det er redegjort for i undersøkelsen kan man finne den optimale lasstørrelse under transport med hest eller traktor på snepakkete veier. Resultatet fra tidsstudiene kan gi svar på hvilke prestasjoner man kan regne med under slike forhold. Derved kan man finne transportomkostningene. Side 587—594 er vist et eksempel på en slik beregning. I eksemplet er det også tatt med en omkostningskalkyle som viser at en Ferguson med utstyr og to manns betjening koster 17,35 kr/time, mens en hest med utstyr og en manns betjening koster 5,97 kr/time.

Da prestasjonene varierer med transportforholdene vil transportomkostningene variere i overensstemmelse med dette. Som regel vil imidlertid hestetransport være mest økonomisk på korte veier og traktortransport på lengre veier. Da transportomkostningene varierer med forholdene vil også grenseveilengden, eller den veilengde der det lønner seg å bruke traktor i stedet for hest variere. I det nevnte eksempel er grenseveilengden funnet for en del veityper, idet vi forutsetter at veien ikke har sjenerende utforbakker. Er det ingen motbakker langs veien, varierer grenseveilengden fra 1,8 til 2,5 km når stokkdimensjonen varierer fra 0,2 til 0,1 m³/stokk. Har derimot veien motbakker med stigninger på 50 ‰ (1 : 20) varierer grenseveilengden fra 0,2 til 1,1 km.

Resultat-tabeller

Resulting Tables

Tabell 1.

Friksjonskoeffisient (fg) under meiene på snepakket vei i kg pr. tonn belastning.

Friction coefficient (fg) of runners on compact snowroad in kgs per ton of the load.

Snetemperatur °C <i>Snow temperature °C</i>	Meienes spesifikke trykk mot sneen. Kg/cm ² <i>Ground pressure of runners. Kg/cm²</i>			
	0,4	0,8	1,2	1,6
0	62	44	57	100
÷ 2	52	29	37	76
÷ 4	50	22	25	59
÷ 6	54	22	20	49
÷ 8	66	29	22	46
÷ 10	85	43	31	51
÷ 12	110	63	47	62
÷ 14	143	91	70	80
÷ 16	183	126	100	105

Tabell 2.

Sneens temperatur i °C når friksjonskoeffisienten er minst mulig for meier på snepakket vei.

Snow temperature in degrees centigrade at minimum friction coefficient of runners on compact snowroad.

Meienes spesifikke trykk kg/cm ² <i>Ground pressure of runners kg/cm²</i>	Minimum friksjonskoeffisient (fg min.) i kg pr. tonn belastning <i>Minimum friction coefficient (fg min.) in kgs per ton of the load</i>	Snetemperatur ved minimum friksjonskoeffisient. °C <i>Snow temperature at minimum friction coefficient. °C</i>
0,4	50	÷ 3,7
0,6	32	÷ 4,4
0,8	21	÷ 5,1
1,0	17	÷ 5,8
1,2	20	÷ 6,4
1,4	30	÷ 7,1
1,6	46	÷ 7,8
1,8	70	÷ 8,5

Tabell 3.

Meienes spesifikke trykk i kg/cm^2 når friksjonskoeffisientene er minst mulige på snepakket vei.

Ground pressure of runners at minimum friction coefficients on compact snowroad.

Snetemperatur °C <i>Snow temperature in °C</i>	Minimum friksjons- koeffisient (fg min.) i kg pr. tonn belastning <i>Minimum friction (fg min.) in kgs per ton of the load</i>	Meienes spesifikke trykk ved minimum friksjonskoeffisient kg/cm^2 <i>Ground pressure of runners at minimum friction coefficient kg/cm^2</i>
0	44	0,81
÷ 2	29	0,89
÷ 4	20	0,96
÷ 6	17	1,04
÷ 8	21	1,12
÷ 10	31	1,19
÷ 12	48	1,27
÷ 14	70	1,34

Tabell 4.
 Startfriksjon i kg pr. tonn belastning under løstrykking av doning på snepakket vei.
Starting friction of sleds on compact snow road. Kgs. per ton of the load.

Tid for stans i minutter <i>Time for standstill in minutes</i>	Snetemperatur °C <i>Snow temperature. °C</i>											
	÷ 3			÷ 6			÷ 9			÷ 12		
	Meienes spesifikke trykk mot sneen. Kg/cm ² <i>Ground pressure of runners. Kgs/cm²</i>											
	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
0,1	233	203	173	258	228	198	283	253	223	308	278	247
0,5	277	247	216	319	289	259	361	331	301	404	374	343
1,0	296	265	235	345	315	285	395	365	335	445	415	384
5,0	339	309	279	406	376	346	474	443	413	541	511	480
10,0	358	328	297	433	402	372	507	477	447	582	552	521
30,0	388	357	327	474	444	414	561	531	500	647	617	587
60,0	406	376	346	500	470	440	595	564	534	689	658	628

Tabell 5.

Rullemotstandskoeffisient for Ferguson traktor på snepakket vei,
Ås 1952.

*Rolling resistance coefficient for Ferguson wheel tractor on compact
snow road, Ås 1952.*

Hjul- dimen- sjon Tyre size	Luft- trykk kg/cm ² <i>Inflation pressure kg/cm²</i>	Gripeanordning <i>Non-skid device</i>	Antall observa- sjoner <i>Number of obser- vations</i>	Hastig- het m/min. <i>Speed in meters/ min.</i>	Rullemot- standskoeffi- sient <i>Coefficient of rolling resistance</i>	
					f_r (‰)	σf_r
10—28	1,8	—	50	73,0	68,1	$\pm 3,3$
10—28	1,8	vridd 3/8'' tverrkjetting <i>3/8'' short link chain</i>	50	74,6	84,2	$\pm 4,4$
10—28	1,8	7 mm brodd- kjetting <i>7 mm barbed short link chain</i>	47	70,9	92,9	$\pm 4,4$
10—28	1,8	7/16'' selvbyg- gerkjede <i>7/16'' zig-zag chain</i>	42	77,2	105,8	$\pm 4,0$

David Brown	1,20	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	Halvbelter <i>Half tracks</i>	250	6 cm	79	90	95	79	90	95
	1,20	»	—	—	—	51	58	61	58	65	68
Bolinder Munkteill	—	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	Halvbelter <i>Half tracks</i>	740	—	93	97	99	73	78	80
MAN	1,5	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	—	—	—	41	49	53	31	39	42
	1,5	»	Snekjetting <i>Snow chain</i>	—	—	54	62	65	42	50	53
	0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	—	—	54	62	66	43	51	55
	1,8	»	—	—	—	40	49	54	40	49	54

Tabell 7.

Friksjonskoeffisienter for sluring (f_f) og sluringskoeffisienter (sl) for varierende bakakselbelastning og snetemperatur. Traktorer med halvbelter på snepakket vei.
Friction coefficients before slipping (f_f) and slipping coefficients (sl) at various total load on rear axle and snow temperature. Tractors with half tracks on compact snowroad.

Traktor <i>Tractor</i>	Beltenes ribbetype <i>Type of shoes on tracks</i>	Bakakselbe- lastning (tonn) <i>Total load on rear axle Metric tons</i>	Snetemperatur °C <i>Snow temperature °C</i>													
			Koeffisienter <i>Coefficients</i>													
			0		÷ 2		÷ 4		÷ 6		÷ 8		÷ 10		÷ 12	
f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	f _f	sl	
Ferguson	Flyte- ribber <i>Bearing shoes</i>	1,0	890	85	904	89	899	89	877	87	837	81	779	70	703	53
		1,4	803	78	825	85	830	89	816	88	785	84	736	76	669	61
		1,8	715	71	747	81	760	88	756	90	734	88	694	83	636	71
		2,2	628	61	668	77	691	87	695	92	682	93	651	90	602	82
Ferguson	Gripe- ribber <i>Gripping shoes</i>	1,0	1087	86	1115	86	1128	86	1119	85	1110	81	1079	77	1039	71
		1,4	891	85	932	87	959	86	964	86	969	83	952	79	924	73
		1,8	694	84	749	87	790	88	809	88	828	84	825	81	809	75
		2,2	497	83	566	88	621	89	654	90	687	87	698	83	694	77
David Brown	Standard ribber <i>Standard shoes</i>	1,4	870	95	891	95	887	95	858	96	804	97	725	99	621	101
		1,8	834	93	864	94	870	94	850	95	806	96	736	98	642	100
		2,2	798	92	838	92	852	93	842	94	807	95	747	96	662	99
		2,6	761	90	811	91	835	92	834	93	809	94	758	95	683	97

Tabell 8.

Traktorenes trekkraft ifølge friksjon mellom halvbelter og snepakket veibane.
Pull of tractors according to the friction between halftracks and compact snowroad.

		Bakaksel- belastning tonn <i>Total load rear axle Metric tons</i>	Beltenes ribbetype <i>Type of shoes on tracks</i>	Snetemperatur °C <i>Snow temperature °C</i>							
				÷ 4				÷ 8		÷ 12	
				Maks. trekkraft i kg <i>Max. pull in kgs</i>							
Traktor <i>Tractor</i>	Før sluring <i>Before slipping</i>	Under sluring <i>During slipping</i>	Før sluring <i>Before slipping</i>	Under sluring <i>During slipping</i>	Før sluring <i>Before slipping</i>	Under sluring <i>During slipping</i>	Før sluring <i>Before slipping</i>	Under sluring <i>During slipping</i>	Før sluring <i>Before slipping</i>	Under sluring <i>During slipping</i>	
Ferguson	Flyteribber <i>Bearing shoes</i>	1,0	890	753	899	803	837	674	703	367	
		1,4	1124	880	1162	1028	1099	926	937	574	
		1,8	1287	908	1368	1198	1321	1168	1144	816	
		2,2	1381	836	1519	1314	1500	1399	1324	1091	
Ferguson	Griperibber <i>Gripping shoes</i>	1,0	1088	930	1128	966	1110	903	1033	740	
		1,4	1247	1060	1343	1161	1357	1121	1288	941	
		1,8	1248	1053	1423	1246	1491	1256	1453	1089	
		2,2	1093	909	1367	1221	1511	1311	1527	1181	
David Brown	Standard ribber <i>Standard shoes</i>	1,4	1218	1151	1242	1182	1126	1093	869	883	
		1,8	1501	1399	1566	1472	1451	1391	1156	1156	
		2,2	1756	1608	1874	1740	1775	1683	1456	1437	
		2,6	1979	1784	2171	1989	2103	1971	1776	1726	

Tabell 9.

Maksimale friksjonskoeffisienter for sluring (f_l) og under sluring (f_u) og de tilsvarende snetemperaturer.
 Halvbeltetraktorer på snepakket vei.

Maximum friction coefficients before slipping (f_l) and during slipping (f_u) and the corresponding snow temperatures. Tractors with half tracks on compact snowroad.

Traktor <i>Tractor</i>	Beltenes ribbetype <i>Type of shoes on tracks</i>	Bakaksel- belastning tonn <i>Total load on rear axle Metric tons</i>	Før sluring (f_l) <i>Before slipping (f_l)</i>		Under sluring (f_u) <i>During slipping (f_u)</i>	
			Snetemperatur for maks. frik- sjonskoeffisient <i>Snow temperature at max. friction coefficient</i>	Maks. friksjons- koeffisient <i>Max. friction coefficient</i>	Snetemperatur for maks. frik- sjonskoeffisient <i>Snow temperature at max. friction coefficient</i>	Maks. friksjons- koeffisient <i>Max. friction coefficient</i>
Ferguson	Flyteribber <i>Bearing shoes</i>	1,0	: 2,51	904	: 3,12	807
		1,4	: 3,51	830	: 4,37	735
		1,8	: 4,52	761	: 5,62	681
		2,2	: 5,52	696	: 6,87	643
Ferguson	Griperibber <i>Gripping shoes</i>	1,0	: 4,76	1129	: 3,48	967
		1,4	: 6,67	972	: 4,87	832
		1,8	: 8,57	829	: 6,26	708
		2,2	: 10,48	699	: 7,65	597
David Brown	Standard ribber <i>Standard shoes</i>	1,4	: 2,66	893	: 3,05	847
		1,8	: 3,43	871	: 3,92	818
		2,2	: 4,19	853	: 4,79	793
		2,6	: 4,95	838	: 5,66	773

Tabell

Friksjonskoeffisienter før sluring (f_i) og sluringskoeffisienter (sl)
Friction coefficients before slipping (f_i) and slipping coefficients

Traktor <i>Tractor</i>	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Dekkets mønster <i>Tyre design</i>	Lufttrykk kg/cm ² <i>Inflation pressure kg/cm²</i>
Bolinder Munktell	11—38	—	1,4
	»	—	»
	»	—	»
Ferguson	10—28	Sne mønster <i>Snow design</i>	1,8
	»	»	1,2
	»	Good Year. <i>Open centre tread</i>	1,8
	»	»	1,8
	»	»	1,8
	»	»	1,8
MAN	11—28	Continental <i>Open center</i>	1,0
	»	»	1,8
	»	» Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	0,7
	»	»	1,0
	»	»	1,8
Unimog	6,50—20	Continental <i>Open center</i>	1,8
	»	Continental <i>Special</i>	1,8
	»	»	1,8
	»	» Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	1,8

10.

for forskjellige traktorer på snepakket vei. (Bakakseldrift).

(sl) of various tractors on compact snowroad. (Rearaxle drive).

Snekjetting <i>Snow chain</i>	Snetem- peratur °C <i>Snow tempera- ture °C</i>	Tom traktor <i>Empty tractor</i>		1000 kg belast- ning fra nytte- last på bakaksel <i>1000 kgs payload on rearaxle</i>	
		f _f	sl	f _f	sl
Halvbelter <i>Half tracks</i>	0 — ÷2	731	95	731	95
»	÷2 — ÷5	700	92	660	92
»	÷5 — ÷8	694	94	676	94
—	÷2 — ÷5	534	61	471	61
—	»	548	57	507	57
—	»	308	73	351	73
Tverrkjetting <i>Short link chain</i>	»	514	70	475	81
Selvbyggerkjetting <i>Zig-Zag chain</i>	»	515	83	515	88
Hesteskokkjetting <i>Horse shoe chain</i>	»	890	81	804	91
—	÷2 — ÷5	278	64	376	75
Hesteskokkjetting <i>Horse shoe chain</i>	»	610	92	610	92
—	»	374	71	438	79
—	»	385	64	429	74
Hesteskokkjetting på ytte hjul <i>Horse shoe chain on the wheels outside</i>	»	585	87	585	87
—	÷2 — ÷5	302	36	398	53
—	»	446	38	446	38
Tverrkjetting <i>Short link chain</i>	»	502	87	502	87
—	»	449	31	449	56

Tabell 11.

Maksimal virkningsgrad på de forskjellige gear. Ferguson 85 mm boring, med halvbelter og traktorski. Motorhastighet 1408 omdr. min.

Snepakket vei. Snetemperatur $\div 3 - \div 5^{\circ}\text{C}$.

Maximum efficiency at various gears. Ferguson 85 mm bore with half tracks and snow skis. 1408 RPM on motor. Compact snowroad.

Snow temperature — 3 to — 5°C.

Gear	Hastighet i km/t. ved n = 1408 omdr./min. <i>Speed in km/h at n = 1408 RPM.</i>	Maksimal trekkkraft på trekk- krok iflg. motor kg <i>Max. drawbar pull due to motor Kgs</i>	Bakakselbelastning i tonn <i>Total load on rear axle. Metric tons</i>					
			1,04		1,62		2,11	
			Trekk- mot- stand kg <i>Resistance force Kgs</i>	Virk- nings- grad i % <i>Efficiency in %</i>	Trekk- mot- stand kg <i>Resistance force Kgs</i>	Virk- nings- grad i % <i>Efficiency in %</i>	Trekk- mot- stand kg <i>Resistance force Kgs</i>	Virk- nings- grad i % <i>Efficiency in %</i>
1	4,0	1210	510	65	670	68	840	71
2	5,5	880	490	67	620	70	780	74
3	7,6	620	470	69	590	72	—	—
4	15,8	240	—	—	—	—	—	—

Tabell 12.

Endel eksempler på traktorens utnyttelsesgrad under kjøring i motbakke. Ferguson 85 mm boring med halvbelter. Snepakket vei.

Snetemperatur $\div 6^{\circ}\text{C}$.

Some examples of utilized efficiency of the tractor. Ferguson 85 mm bore with half tracks. Compact snow road. Snowtemperature — 6°C .

Forsøks- veiens lengde Meter <i>Lenght of research road Meters</i>	Stigning ‰ <i>Slope uphill per mille</i>		Lass- størrelse m ³ <i>Size of payload m³</i>	Gjennom- snittlig trekk- motstand kg <i>Average resistance Force Kgs</i>	Gear <i>Gear</i>	Traktorens utnyttelses- grad % <i>Utilized efficiency of the tractor %</i>
	Gjen- nom snittlig <i>Average</i>	Maksi- mum <i>Maxi- mum</i>				
40	60	78	6,60	563	3	70,7 \pm 2,3
70	53	83	6,53	586	2	55,1 \pm 3,2
60	51	67	6,54	548	2	53,9 \pm 4,6
50	43	59	5,71	520	2	51,0 \pm 1,8
40	39	65	6,54	524	2	52,1 \pm 3,3
50	35	55	6,53	429	3	57,2 \pm 3,1
80	31	46	6,54	461	3	64,3 \pm 3,2

Tabell 13.

Prosentisk reduksjon i lasstørrelsen på grunn av motbakker med varierende stigning og lengde. Hestetransport.

Percentage reduction of load-size according to various uphill slopes and lengths. Timbertransport with horse.

Stigning <i>Slope</i>		Motbakkens lengde i meter <i>Length of uphill road in meters</i>						
‰	1:	60	75	100	150	200	250	300
5	1 : 200					—		3,1
10	1 : 100					5,2	11,6	14,6
20	1 : 50				13,8	23,6	28,4	31,0
30	1 : 33		0,4	13,1	27,7	36,0	40,4	42,4
40	1 : 25		14,6	25,5	37,9	45,4	48,9	50,9
50	1 : 20	9,4	25,1	34,9	45,9	52,4	55,7	57,4

Tabell 14.
Prestasjoner under transport med hest på snevei. Kjøring med lastet doning.
Transport speeds of horse on snow road. Driving with loaded sleds.

Trek- mot- stand i kg Resis- tance force in kgs	VSA doning <i>VSA Twin-sleds</i>				Moelv doning nr. 144 <i>Moelv twin-sleds no. 144</i>				Finsk doning <i>Finnish twin-sleds</i>			
	Transporthastig- het km/time <i>Transport speed Kilometers per hour</i>		Hvile- tid i % av total kjøretid <i>Resting time in percent of total driving time</i>		Transporthastig- het km/time <i>Transport speed Kilometers per hour</i>		Hvile- tid i % av total kjøretid <i>Resting time in percent of total driving time</i>		Transporthastig- het km/time <i>Transport speed Kilometers per hour</i>		Hvile- tid i % av total kjøretid <i>Resting time in percent of total driving time</i>	
	Ifølge effektiv kjøre- tid <i>Accor- ding to effective driving time</i>		Ifølge total kjøretid <i>Accor- ding to total driving time</i>		Ifølge effektiv kjøre- tid <i>Accor- ding to effective driving time</i>		Ifølge total kjøretid <i>Accor- ding to total driving time</i>		Ifølge effektiv kjøre- tid <i>Accor- ding to effective driving time</i>		Ifølge total kjøretid <i>Accor- ding to total driving time</i>	
	6,6	6,4	3	0,94	6,3	5,3	17	1,14	6,3	5,7	12	1,06
30												
60	6,5	5,4	16	1,10	6,2	4,5	28	1,34	6,2	4,7	24	1,27
90	6,4	4,7	26	1,27	6,1	3,9	36	1,55	6,0	4,1	32	1,47
120	6,3	4,2	33	1,43	6,0	3,4	42	1,75	5,9	3,6	39	1,68
150	6,2	3,8	39	1,59	5,9	3,1	47	1,96	5,7	3,2	44	1,89
180	6,1	3,4	44	1,75	5,7	2,8	51	2,16	5,6	2,9	48	2,10
210	6,0	3,1	48	1,91	5,6	2,5	54	2,37	5,5	2,6	51	2,31
240	5,9	2,9	52	2,08	5,5	2,3	58	2,56	5,3	2,4	54	2,52

Tabell 15.

Hestenes effekt under effektiv kjøring, og nyttbar effekt (iberegnet hvilepauser) ved en gjennomsnittlig trekkraft på 135,28 kg.

Effective horsepower and drawbar horsepower of the horses at average drawbar pull 135,28 kgs.

Doning <i>Sled</i>	Hestekrefter under kjøring <i>Effective Horsepower</i>	Nyttbare hestekrefter <i>Drawbar Horsepower</i>
VSA doning	3,14	1,99
<i>VSA twin-sleds</i>		
Moelv doning nr. 144	2,96	1,62
<i>Moelv twin-sleds no. 144</i>		
Finsk doning	2,90	1,68
<i>Finnish twin-sleds</i>		

Tabell 16.

Transporthastighet med hest og doning på snevei. Kjøring med tom doning.

Transport speeds with horse and twin-sleds on snowroad.

Driving with empty sleds.

Doningstype <i>Type of sleds</i>	Kjøretid i minutter pr. 100 meter <i>Driving time in minutes per 100 meters</i>	Kjørehastighet i km/time <i>Driving speed in kilometers per hour</i>
VSA doning	1,21 ± 0,02	4,96
<i>VSA twin-sleds</i>		
Moelv doning nr. 144	1,27 ± 0,02	4,72
<i>Moelv twin-sleds nr. 144</i>		
Finsk doning	1,29 ± 0,04	4,65
<i>Finnish twin-sleds</i>		
Gjennomsnitt <i>Average</i>	1,26 ± 0,02	4,76

Tabell 17.

Transporthastighet i kilometer pr. time med traktor for varierende belastning på trekkroken og trekkmotstanden eller trykkraften.

Transport speed in kilometers per hour of tractor at various loads on the draw hook and the resistance or push force.

Doningens trekkmotstand eller trykkraft på trekkroken Kg <i>Resistance or push force on the draw hook Kgs</i>	Ferguson traktor (80 mm boring) med halvbelter <i>Ferguson tractor (80 mm bore) with half tracks</i>		Ferguson traktor (85 mm boring) med halvbelter <i>Ferguson tractor (85 mm bore) with half tracks</i>		David Brown med halvbelter <i>David Brown with half tracks</i>		Bolinder Munkteill traktor med halvbelter <i>Bolinder Munkteill tractor with half tracks</i>		MAN traktor med 4-hjuls drift <i>MAN tractor with 4-wheel drive</i>	
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Trekkmotstand <i>Resistance force</i>	200	5,3	8,5	6,3	12,8	13,3	12,1	11,9	11,7	11,4
	400	2,0	6,5	5,4	9,7	10,6	11,3	10,9	10,4	9,9
	600	1,3	4,7	4,5	6,6	8,0	10,6	9,9	9,2	8,5
	800		0,9	3,5	3,5	5,3	9,9	8,9	7,9	7,0
	1000			2,6	0,4	2,7	9,1	7,9	6,7	5,5
	1200						8,3	6,9	5,5	4,0
Trykkraft <i>Push force</i>	200				19,7	17,2	16,9	16,0	15,1	14,2
	400				19,6	16,9	17,9	16,0	14,2	12,4
	600				19,4	16,7	18,8	16,1	13,3	10,5
	800				19,3	16,4	19,8	16,1	12,4	8,7
					19,2	16,2	20,7	16,1	11,5	6,9
	1000									

Belastning på trekkroken i tonn
Load on draw hook in metric tons

Tabell 18.

Hestekrefter på trekkrok for varierende belastning og trekkmotstand.
Drawbar horsepower at various loads on draw hook and resistance force.

Domin- gens trekk- mot- stand Kg Resistance force Kgs	Ferguson traktor (80 mm boring) med halvbelter			Ferguson traktor (85 mm boring) med halvbelter			David Brown med halv- belter			Bolinder MunkteLL traktor med halv- belter			Bolinder MunkteLL traktor with half tracks			MAN traktor med 4-hjuls drift MAN tractor with 4-wheel drive		
	Ferguson traktor (80 mm bore) with half tracks			Ferguson tractor (85 mm bore) with half tracks			David Brown with half tracks			Bolinder MunkteLL tractor with half tracks			Bolinder MunkteLL tractor with half tracks			MAN tractor with 4-wheel drive		
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5
200	3,5	6,1	4,7	9,5	9,9	9,0	6,9	5,3	9,0	8,8	8,7	8,4	8,4	11,3	10,3	8,4	5,5	11,3
400	3,0	9,6	8,0	14,4	15,7	14,7	11,1	10,1	16,7	16,1	15,4	14,7	14,7	18,4	17,0	14,2	9,3	18,4
600		10,4	10,0	14,7	17,8	17,1	12,7	14,2	23,6	22,0	20,4	18,9	20,4	20,9	20,4	17,3	11,3	20,9
800		8,6	10,7	10,4	15,7	16,3	11,6	17,5	29,3	26,4	23,4	20,7	20,7	19,3	19,9	17,8	11,6	19,3
1000		4,1	9,6	1,5	10,0	11,9	8,1	20,4	33,7	29,3	24,8	20,4	20,4	13,0	16,7	15,9	10,0	13,0
1200								22,2	36,9	30,7	24,4	17,8	17,8	2,2	9,3	11,1	6,7	2,2

Belastning på trekkroken i tonn

Load on draw hook in metric tons

Tabell 19.

Gjennomsnittlige kjøretider pr. 100 meter på forskjellige gear og under gearskifte for traktorer på snepakket vei.

Average driving times per 100 meters and speeds at various gears and at gear-shiftings for tractors on compact snowroads.

Traktor <i>Tractor</i>	Gear og gearskifte <i>Gear and gearshifting</i>	Kjøretid i minutter pr. 100 meter (Kj) <i>Driving time in minutes pr. 100 meters (Kj)</i>	Hastighet i km/time <i>Speed in km/h.</i>
Ferguson 80 mm boring med halv- halvbelter	2. gear	0,964 ± 0,014	6,22
	2. gear - 3. gear	0,888 ± 0,014	6,76
	3. gear	0,731 ± 0,005	8,21
<i>Ferguson 80 mm bore with half tracks</i>	3. gear - 4. gear	0,548 ± 0,008	10,95
	4. gear	0,467 ± 0,006	12,85
Ferguson 85 mm boring med halv- belter	2. gear	0,886 ± 0,010	6,77
	2. gear - 3. gear	0,786 ± 0,014	7,63
	3. gear	0,596 ± 0,005	10,07
<i>Ferguson 85 mm bore with half tracks</i>	3. gear - 4. gear	0,476 ± 0,017	12,61
	4. gear	0,381 ± 0,003	15,75
Bolinder Munktell med halvbelter	2. gear	1,106 ± 0,076	5,42
	2. gear - 3. gear	—	—
<i>Bolinder Munktell with half tracks</i>	3. gear	0,675 ± 0,008	8,89
	3. gear - 4. gear	0,551 ± 0,021	10,89
	4. gear	0,436 ± 0,006	13,76
MAN med 4-hjuls- drift	3. gear	0,937 ± 0,021	6,40
	3. gear - 4. gear	0,838 ± 0,021	7,16
<i>MAN with 4-wheel- drive</i>	4. gear	0,628 ± 0,007	9,55
	4. gear - 5. gear	0,565 ± 0,033	10,62
	5. gear	0,453 ± 0,004	13,25

Tabell 20.

Hastighet i kilometer pr. time under kjøring i motbakke med tom doning. Snepakket vei.

Speed in kilometers per hour when driving uphill with empty sleds. Compact snowroad.

Stigning i ‰ <i>Slope in ‰</i>	Ferguson traktor med halvbelter <i>Ferguson tractor with half tracks</i>	David Brown traktor med halvbelter <i>David Brown tractor with half tracks</i>	Bolinder Munktell traktor med halvbelter <i>Bolinder Munktell tractor with half tracks</i>	MAN traktor med 4-hjuls drift <i>MAN tractor with 4-wheel drive</i>	Unimog traktor med 4-hjuls drift <i>Unimog tractor with 4-wheel drive</i>
0	20,2	10,7	15,7	16,3	11,2
40	16,7	10,0	13,4	14,3	9,6
80	13,2	9,3	11,1	12,4	8,1
120	9,6	8,6	8,8	10,4	6,5
160	6,1	7,9	6,4	8,4	5,0
200	2,6	7,2	4,1	6,5	1,4

Tabell 21.

Traktortransport på snepakket vei. Tid for kjøring til og fra lunneplass og til og fra velteplass i minutter pr. vending.

Tractor transport on compact snowroad. Time for driving to and from upper and lower landing in minutes per roundtrip.

Traktor <i>Tractor</i>	Utstyr <i>Equipment</i>	Kjøring til og fra lunne og velteplass Minutter <i>Driving to and from upper and lower landing Minutes</i>
Ferguson	Halvbelter og traktorski <i>Halftracks and tractorskis</i>	$3,14 \pm 0,63$
David Brown	Halvbelter og traktorski <i>Halftracks and tractorskis</i>	$3,23 \pm 0,77$
Bolinder Munktell	Halvbelter <i>Halftracks</i>	$6,64 \pm 1,24$
MAN	Firehjulsdrift <i>Four wheel drive</i>	$2,72 \pm 0,40$
Unimog.	Firehjulsdrift <i>Four wheel drive</i>	$3,60 \pm 0,47$
Gjennomsnittstid <i>Average time</i>		$3,98 \pm 0,43$

Tabell 22.

Driftstekniske tapstider under kjøring i prosent av virketiden for traktortransport på snepakket vei.

Lost times during driving in percent of basic time for tractor-transport on compact snowroad.

	Sesam doning <i>Sesam trailer- sled</i>	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twin- sleds no. 154</i>
Tapstid ifølge lass <i>Lost times due to load</i>	2,23 %	2,42 %
Andre arbeidstapstider <i>Other working lost times</i>	1,61 %	1,45 %
Tapstider ifølge drag <i>Lost times due to drawbar</i>	0,49 %	0,08 %
Tapstider ifølge doning <i>Lost times due to sleds</i>	0,79 %	2,77 %
Andre maskintapstider <i>Other machine lost times</i>	6,22 %	6,22 %
Sum <i>Total</i>	11,34 %	12,94 %

Tabell 23.

Nødvendige tapstider i prosent av virketiden under traktortransport på snepakket vei.

Necessary lost times in percent of basic time during tractor transport on compact snowroad.

	Sesam doning <i>Sesam trailersled</i>		Moelvdoning nr. 154 <i>Moelv twin sleds nr. 154</i>	
	På- og av- lessing <i>Loading and unloading</i>	Transport <i>Transport</i>	På- og av- lessing <i>Loading and unloading</i>	Transport <i>Transport</i>
Persontapstider .. <i>Personal lost times</i>	2,17 %	2,02 %	2,17 %	2,02 %
Driftstekniske taps- tider..... <i>Total working lost times</i>	3,11 %	11,34 %	4,53 %	12,94 %
Nødvendige taps- tider..... <i>Necessary lost times</i>	5,28 %	13,36 %	6,70 %	14,96 %

Tabell 24.

Manuell lessing av traktordoning fra rampe. 2 menn. Virketid i minutter pr. lass. (snefri lunne, l = o, h = o).

Manual loading of tractor sleds from loading dock. 2 men. Basic time in minutes per load. (Snow-free landing, l = o, h = o).

Lasstørrelse i m ³ <i>Size of load in m³</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
2	17,66	15,67	15,01	14,68	14,48	14,35
4	24,24	20,29	18,96	18,29	17,89	17,64
6	30,85	24,89	22,90	21,90	21,31	20,91
8	37,45	29,50	26,85	25,53	24,73	24,20
10	44,04	34,10	30,80	29,14	28,15	27,48
12	50,64	38,72	34,74	32,76	31,56	30,77

Tabell 25.

Tillegg til virketider ifølge tabell 24 i minutter pr. lass for avstand mellom lunne og traktordoning.

Addition to basic times according to table 24 in minutes per load for distance between landing and tractor sleds.

Avstand lunne — doning <i>Distance landing — sleds</i>	Lasstørrelse i m ³ <i>Size of load in m³</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
		0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
4 m	2	4,11	2,47	1,92	1,65	1,48	1,37
	4	8,22	4,94	3,84	3,29	2,96	2,74
	6	12,33	7,40	5,76	4,94	4,44	4,11
	8	16,45	9,87	7,68	6,58	5,92	5,49
	10	20,56	12,33	9,60	8,23	7,41	6,86
	12	24,67	14,81	11,52	9,87	8,89	8,23
8 m	2	8,22	4,94	3,84	3,29	2,96	2,74
	4	16,45	9,87	7,68	6,58	5,92	5,49
	6	24,67	14,81	11,52	9,87	8,89	8,23
	8	32,90	19,74	15,36	13,16	11,85	10,97
	10	41,12	24,67	19,20	16,45	14,81	13,72
	12	49,34	29,61	23,04	19,75	17,77	16,46
12 m	2	12,33	7,40	5,76	4,94	4,44	4,11
	4	24,67	14,81	11,52	9,87	8,89	8,23
	6	37,00	22,21	17,28	14,81	13,33	12,34
	8	49,34	29,61	23,04	19,75	17,77	16,46
	10	61,67	37,01	28,79	24,67	22,21	20,57
	12	74,01	44,42	34,55	29,61	26,66	24,67
16 m	2	16,45	9,87	7,68	6,58	5,92	5,49
	4	32,90	19,74	15,36	13,16	11,85	10,97
	6	49,34	29,61	23,04	19,75	17,77	16,46
	8	65,78	39,48	30,71	26,33	23,70	21,95
	10	82,23	49,34	38,39	32,90	29,61	27,43
	12	98,68	59,22	46,07	39,49	35,55	32,90

Tabell 26.

Tillegg til virketider ifølge tabell 24 i minutter pr. lass for høydeforskjellen mellom tømmerlass og lesserampe.

Addition to basic times according to table 24 in minutes per load for difference of level between load and loading dock.

Høydeforskjell <i>Difference of level</i>	Lasstørrelse i m ³ <i>Size of load in m³</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
		0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
÷ 0,5 m	2	÷ 1,68	÷ 0,69	÷ 0,36	÷ 0,20	÷ 0,10	÷ 0,03
	4	÷ 3,36	÷ 1,38	÷ 0,72	÷ 0,39	÷ 0,19	÷ 0,06
	6	÷ 5,04	÷ 2,07	÷ 1,08	÷ 0,59	÷ 0,29	÷ 0,10
	8	÷ 6,72	÷ 2,76	÷ 1,45	÷ 0,79	÷ 0,39	÷ 0,13
	10	÷ 8,40	÷ 3,45	÷ 1,81	÷ 0,98	÷ 0,49	÷ 0,16
	12	÷ 10,08	÷ 4,15	÷ 2,17	÷ 1,18	÷ 0,59	÷ 0,19
+ 0,5 m	2	1,68	0,69	0,36	0,20	0,10	0,03
	4	3,36	1,38	0,72	0,39	0,19	0,06
	6	5,04	2,07	1,08	0,59	0,29	0,10
	8	6,72	2,76	1,45	0,79	0,39	0,13
	10	8,40	3,45	1,81	0,98	0,49	0,16
	12	10,08	4,15	2,17	1,18	0,59	0,19
+ 1,0 m	2	3,36	1,38	0,72	0,39	0,20	0,06
	4	6,72	2,76	1,45	0,79	0,39	0,13
	6	10,08	4,15	2,17	1,18	0,59	0,19
	8	13,44	5,53	2,89	1,57	0,78	0,25
	10	16,80	6,91	3,61	1,96	0,98	0,32
	12	20,16	8,29	4,34	2,36	1,17	0,38
+ 1,5 m	2	5,04	2,07	1,08	0,59	0,29	0,10
	4	10,08	4,15	2,17	1,18	0,59	0,19
	6	15,12	6,22	3,25	1,77	0,88	0,29
	8	20,16	8,29	4,34	2,36	1,17	0,38
	10	25,19	10,36	5,42	2,95	1,46	0,48
	12	30,23	12,44	6,50	3,54	1,76	0,57

Tabell 27.

Tillegg til virketider ifølge tabell 24 i minutter pr. lass for løsning av fastfrosne stokker.

Addition to basic times according to table 24 in minutes per load for loosening frozen logs.

Snetem- peratur <i>Snow temperature</i>	Lasstørrelse i m ³ <i>Size of load in m³</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
		0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
0°C	2	1,94	0,97	0,65	0,49	0,39	0,32
	4	3,89	1,94	1,30	0,97	0,78	0,65
	6	5,83	2,92	1,94	1,46	1,17	0,97
	8	7,78	3,89	2,59	1,94	1,55	1,30
	10	9,72	4,86	3,24	2,43	1,94	1,62
	12	11,66	5,83	3,89	2,92	2,33	1,94
< ÷ 1°C	2	9,58	4,79	3,19	2,39	1,92	1,60
	4	19,15	9,58	6,38	4,79	3,83	3,19
	6	28,73	14,36	9,58	7,18	5,75	4,79
	8	38,30	19,15	12,77	9,58	7,66	6,38
	10	47,88	23,94	15,96	11,97	9,58	7,98
	12	57,46	28,73	19,15	14,36	11,49	9,58

Tabell 28.

Manuell lessing av traktordoning fra rampe. 2 mann. Den relative fordeling av deltidene. (Snefri lunne, $l = 5$ meter, $h = 0,75$ meter).
Manual loading of tractorsleds from loading dock. 2 men. The relative distribution of time elements. (Snowfree landing, $l = 5$ meters, $h = 0,75$ meters.)

Lass- stør- relse i m ³ <i>Size of load in m³</i>	Deloperasjoner <i>Elements</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
		0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
		Prosent <i>Per cent</i>					
4	Legging av sleiper <i>Placing loading skids</i>	3,5	4,9	5,6	6,1	6,4	6,6
	Hjelpetider ved lunne <i>Auxiliary times at landing</i>	4,7	6,4	7,3	7,9	8,3	8,6
	Andre hjelpetider <i>Other auxiliary times</i>	23,0	31,9	36,7	39,6	41,6	43,0
	Ordning av stokker på lass <i>Adjusting logs on load</i>	5,3	7,3	8,4	9,0	9,5	9,8
	Effektiv lessing <i>Effective loading</i>	63,5	49,5	42,0	37,4	34,2	32,0
	Sum <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
8	Legging av sleiper <i>Placing loading skids</i>	2,1	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5
	Hjelpetider ved lunne <i>Auxiliary times at landing</i>	2,7	4,0	4,7	5,2	5,6	5,8
	Andre hjelpetider <i>Other auxiliary times</i>	13,4	19,8	23,6	26,0	27,8	29,1
	Ordning av stokker på lass <i>Adjusting logs on load</i>	8,4	11,8	14,0	15,5	16,6	17,3
	Effektiv lessing <i>Effective loading</i>	73,8	61,4	54,1	49,3	45,7	43,3
	Sum <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabell 28. Forts. *Cont.*

Lass- stør- relse i m ³ Size of load in m ³	Deloperasjoner <i>Elements</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
		0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
		Prosent <i>Per cent</i>					
12	Legging av sleiper <i>Placing loading skids</i>	1,5	2,2	2,7	3,0	3,2	3,4
	Hjelpetider ved lunne <i>Auxiliary times at landing</i>	1,9	2,9	3,5	3,9	4,2	4,4
	Andre hjelpetider <i>Other auxiliary times</i>	9,4	14,3	17,4	19,4	20,9	22,0
	Ordning av stokker på lass <i>Adjusting logs on load</i>	9,1	13,8	16,7	18,7	20,1	21,2
	Effektiv lessing <i>Effective loading</i>	78,1	66,8	59,7	55,0	51,6	49,0
	Sum <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabell 29.

Pålessing hovedtid. Enmanns pålessing av hestedoninger fra klosslagt tommer på bakken. Prosentisk økning i tid pr. stokk i forhold til tomanns lessing av traktordoning fra lesserampe.

Loading main time. One-man loading of horse twin-sleds from stack on ground. Percentage increase in log-time compared with two-men loading of tractor-sleds from loading dock.

Avstand lunne — lass Meter <i>Distance landing — load Meters</i>	Stokkstørrelse i m ³ <i>Size of logs in m³</i>					
	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250	0,300
2	42 %	58 %	83 %	118 %	162 %	217 %
4	44 %	60 %	87 %	123 %	169 %	224 %
6	45 %	63 %	91 %	128 %	175 %	231 %
8	46 %	65 %	94 %	133 %	181 %	239 %
10	47 %	68 %	98 %	138 %	187 %	246 %
12	48 %	70 %	102 %	143 %	193 %	253 %

Tabell 30.
Pålessing. Hjelpetider i minutter.
Loading logs on sleds. Auxiliary times in minutes.

Laststørrelse i m ³ <i>Size of load in cubic meters</i>	Traktordoninger <i>Tractor sleds</i>				Hestedoninger <i>Horse sleds</i>			
	Sesam doning II <i>Sesam trai- ler-sled II</i>	Sesam doning III <i>Sesam trai- ler-sled III</i>	Sesam doning IV <i>Sesam trai- ler-sled IV</i>	Moelvdoning nr. 154 II <i>Moelv twin- sleds II</i>	Moelvdoning nr. 154 III <i>Moelv twin- sleds III</i>	VSA doning VSA <i>twin-sleds</i>	Moelvdoning nr. 144 <i>Moelv twin- sleds no. 144</i>	Finsk doning <i>Finnish twin-sleds</i>
2,0	10,06	11,00	6,86	12,73	13,06	8,02	8,24	6,96
2,5	10,48	11,41	7,28	13,15	13,48	8,64	8,97	8,16
3,0	10,89	11,83	7,70	13,57	13,89	9,92	9,71	9,36
3,5	11,31	12,25	8,11	13,98	14,31	11,20	10,44	10,55
4,0	11,73	12,66	8,53	14,40	14,73	12,48	11,17	11,75

Tabell 31.

Virketid i minutter pr. lass for avlesning av traktordoninger, samt den relative fordeling av deltidene. Moelv traktordoning nr. 154 II.
Basic unloading time for tractor sleds in minutes per load, and the relative distribution of the element times. Moelv twinsleds for tractor no. 154 II.

Lasstørrelse i m ³ <i>Size of load in cubic meters</i>	Deltidenes prosentiske andel av total avlesingstid <i>The percentage distribution of unloading element times</i>				Total avlesingstid <i>Total unloading time</i>	
	Avles- sing hoved- tid <i>Main un- loading time</i>	Legging av sleiper <i>Placing un- loading skids</i>	Hjelpe- tider ved doning <i>Auxili- ary times at sled</i>	Hjelpe- tider ved velte <i>Auxili- ary times at landing</i>	Prosent <i>Per cent</i>	Minutter pr. lass <i>Minutes per load</i>
2	26,8 %	5,3 %	54,4 %	13,5 %	100 %	8,09
4	47,7 %	3,8 %	38,9 %	9,6 %	100 %	11,32
6	55,6 %	3,2 %	33,0 %	8,2 %	100 %	13,35
8	58,2 %	3,0 %	31,1 %	7,7 %	100 %	14,17
10	57,1 %	3,1 %	31,9 %	7,9 %	100 %	13,78

Tabell 32.

Avlesning virketid i minutter pr. lass. Hestedoninger.
Basic unloading time in minutes per load. Horse-sleds.

Lasstørrelse i m ³ <i>Load in cubic meters</i>	Moelv doning nr. 144 <i>Moelv twin-sleds no. 144</i>	VSA doning <i>VSA twin-sleds</i>
1,5	12,0	9,4
2,0	12,9	11,4
2,5	14,3	13,5
3,0	17,4	15,3
3,5	—	16,3
4,0	—	16,5

Tabell I—XXXIII

Bearbeidings-tabeller

Calculating tables

Tabell
De undersøkte
The investigated

Beliggenhet av forsøksveiene <i>Place of research roads</i>	Veitype <i>Type of road</i>	Vei- lengde km <i>Length of road kms</i>
Løvås, Lardal, 1949	Snepakket hestevei I <i>Snowpacked horse road I</i>	1,1
Løvås, Lardal, 1950	Snepakket hestevei II <i>Snowpacked horse road II</i>	1,6
Solberg, Løten, 1951	Snepakket traktorvei <i>Snowpacked tractor road</i>	5,1
Jysereid, Drangedal, 1951	Sålepakket snevei for traktor <i>Surface-packed snowroad for tractor</i>	2,7
Sørmyr, Siljan, 1952	Snepakket traktorvei I <i>Snowpacked tractor road I</i>	3,0
Sørmyr, Siljan, 1952	Snepakket traktorvei II <i>Snowpacked tractor road II</i>	3,0
Sørmyr, Siljan, 1952	Snepakket traktorvei III <i>Snowpacked tractor road III</i>	3,0
Løvås, Lardal, 1952	Snepakket traktorvei I <i>Snowpacked tractor road I</i>	4,5
Løvås, Lardal, 1952	Snepakket traktorvei II <i>Snowpacked tractor road II</i>	4,5
Mykle, Siljan, 1952	Snepakket weaselvei <i>Snowpacked weasel road</i>	6,5
Skoglund, Sollihøgda, 1953	Snepakket traktorvei <i>Snowpacked tractor road</i>	3,2
Ormekollmyra, Sollihøgda 1953	Snepakket traktorvei <i>Snowpacked tractor road</i>	3,3

I
forsøksveier.
research roads.

Første snøfall ¹ <i>First snowfall¹</i>	Kjøringens begynnelse <i>Date of starting</i>	Kjørin- gens slutt <i>Trans- port finished</i>	Antall lass trans- portert <i>Trans- ported number of loads</i>	Sne- dybde ved kjørin- gens be- gynnelse <i>Meter Snow depth at starting Meters</i>	Tele ved kjørin- gens be- gynnelse ² <i>Frozen ground at starting²</i>	Antall turer for sne- profil <i>Number of round- trips be- fore snow profile</i>
8/12—48	22/1	20/3	65	0,4	1	—
1/12—49	20/1	25/3	75	0,8	1	—
6/11—50	17/1	25/4	248	0,8	0	173
21/11—50	5/3	24/4	64	1,9	0	4
27/12—51	21/1	4/3	67	0,5	1	39
27/12—51	21/1	21/3	71	0,5	0	4
27/12—51	21/1	21/3	71	0,5	1	4
26/12—51	26/12—51	7/3	55	0,3	0	1
26/12—51	26/12—51	7/3	52	0,3	0	1
27/12—51	5/1	17/4	58	0,3	0	28
20/11—52	29/1	24/3	106 ³	0,7	0	2
20/11—52	29/1	24/3	11 ⁴	0,7	0	1

¹ Første snøfall som ble liggende. *First snowfall remaining on ground.*

² 0 = Ingen tele i bakken. *The ground is not frozen.*

1 = Antydning til tele. *The ground is frozen at the surface.*

2 = Tykt telelag. *Frozen ground.*

³ 340 turer uten lass. *340 trips without load.*

⁴ 45 turer uten lass. *45 trips without load.*

Tabell
Data angående de
Data of sleds taking

	Heste- Horse-	
	VSA doning VSA twinsleds	
	Bukk Frontsled	Geit Rearsled
Meielengde cm	200	280
<i>Length of runners, cms</i>		
Meiebredde cm	6	6
<i>Width of runners, cms</i>		
Meienes anleggsareal mot bakken cm ²	1740	2580
<i>Contact area of runners on ground, sq. cms</i>		
Sporvidde cm	72,5	72,5
<i>Distance between runners, cms</i>		
Bankens høyde over bakken cm	30	31
<i>Distance of level between bunk and ground, cms</i>		
Lastebredde cm	140	146,5
<i>Length of bunks, cms</i>		
Vekt kg	139	158
<i>Weight, kgs</i>		
Staketype*	U	U
<i>Type of stakes*</i>		

	Traktor- Tractor-		
	Moelvdoning nr. 154 III Moelv twinsleds no. 154 III		
	Ved trekkrok <i>At draw- hook</i>	Bukk Front- sled	Geit Rear- sled
Meielengde cm		160	216
<i>Length of runners, cms</i>			
Meiebredde cm		10,2	10,2
<i>Width of runners, cms</i>			
Meienes anleggsareal mot bakken cm ²		2352	3477
<i>Contact area of runners on ground, sq. cms</i>			
Sporvidde cm		132,5	132,5
<i>Distance between runners, cms</i>			
Bankens høyde over bakken cm		50	50
<i>Distance of level between bunk and ground, cms</i>			
Lastebredde cm		180	180
<i>Length of bunks, cms</i>			
Vekt kg	80	205	160
<i>Weight, kgs</i>			
Staketype*		U	U
<i>Type of stakes*</i>			

* U = Utslagbare staker. *Releasable stakes.*

F = Faste staker. *Fixed stakes.*

I = Ingen staker. *No stakes.*

II.

undersøkte doninger.

part in the investigation.

doninger <i>sleds</i>				Traktordoninger <i>Tractor-sleds</i>		
Moelvdoning nr. 144 <i>Moelv twinsleds no. 144</i>		Finsk doning <i>Finnish twinsleds</i>		Moelvdoning nr. 154 II <i>Moelv twinsleds no. 154 II</i>		
Bukk <i>Frontsled</i>	Geit <i>Rearsled</i>	Bukk <i>Front-sled</i>	Geit <i>Rear-sled</i>	Ved trekk- krok <i>At draw- hook</i>	Bukk <i>Front-sled</i>	Geit <i>Rear-sled</i>
185	240	280	280		160	216
5	5	9	9		7,6	7,6
1450	1900	3870	4230		1753	2591
57,5	57,5	70	70		132,5	132,5
31	31	34	34		50	50
120	120	112	112		168	168
69	88	109	103	80	200	155
I	I	F	F		U	U

doninger

sleds

Sesamdoning II <i>Sesam trailer-sled II</i>			Sesamdoning III <i>Sesam trailer-sled III</i>			Sesamdoning IV <i>Sesam trailer-sled IV</i>		
Ved trekkrok <i>At draw-hook</i>	Forbank <i>Front bunk</i>	Sløde <i>Sled</i>	Ved trekkrok <i>At draw-hook</i>	Forbank <i>Front bunk</i>	Sløde <i>Sled</i>	Ved trekkrok <i>At draw-hook</i>	Forbank <i>Front bunk</i>	Sløde <i>Sled</i>
		260			216			260
		6,3			7,6			10,2
		2331			2585			3774
		129			132,5			129
		50			55			50
	156	156		167	171		165	182
150	—	255	170	—	275	150	—	255
	F	F		U	U		U	U

Tabell III.
Data angående de undersøkte traktorer.
Data of tractors taking part in the investigation.

Traktor <i>Tractor</i>	Ferguson (85 mm bore) TE-A-20	Ferguson (80 mm bore) TE-A-20	David Brown Super Diesel	Bolinder Munktell BM — 36	MAN AS-440 A	Unimog
Lengde i cm <i>Length in cms</i>	292	292	298	315	313	357
Bredde i cm <i>Width in cms</i>	163	163	162	170	168	163
Fri klaring over bakken i cm <i>Ground clearance in cms</i>	31	31	42	52,5	40	38
Akselavstand i cm <i>Wheel base in cms</i>	177	177	183	201	182	170
Vekt i kg <i>Weight in kgs</i>	1134	1134	1830	2910	2100	1680
Forakseltrykk kg <i>Front-axial pressure kgs</i>	444	444	—	880	850	1050
Bakakseltrykk kg <i>Rear-axial pressure kgs</i>	690	690	—	2030	1250	630
Dekkdimensjon bak <i>Rear tyre size</i>	10 × 28	10 × 28	11 × 28	11 × 38	11 × 28	6,50 × 20

Dekkdimensjon foran <i>Front tyre size</i>	4 × 19	4 × 19	6,00 × 19	6,00 × 19	6,50 × 20	6,50 × 20
Maks. hk. på remskive <i>Max. belt horse power</i>	28	25	29,5	35	40	28,6
Mot.turtall ved maks. hk. <i>R.p.m. at max. hp.</i>	2000	2000	1800	1500	2000	2300
Hastighet på 1. gear km/time <i>Speed at 1st gear kms/h.</i>	5,2	5,2	2,78 (L1)	3,7	2,6	3,7
Hastighet på 2. gear <i>Speed at 2nd gear</i>	7,2	7,2	5,15 (L2)	5,3	4,8	6,8
Hastighet på 3. gear <i>Speed at 3rd gear</i>	9,9	9,9	6,84 (H1)	7,8	7,8	12,6
Hastighet på 4. gear <i>Speed at 4th gear</i>	20,8	20,8	10,20 (L3)	13,6	11,2	22,8
Hastighet på 5. gear <i>Speed at 5th gear</i>	—	—	12,60 (H2)	22,2	16,3	36,0
Hastighet på 6. gear <i>Speed at 6th gear</i>	—	—	25,10 (H3)	—	27,0	58,0
Hastighet på 1. reversgear <i>Speed at 1st reverse gear</i>	6,1	6,1	4,47 (L/rev.)	4,7	6,0	1,5
Hastighet på 2. reversgear <i>Speed at 2nd reverse gear</i>	—	—	11,00 (H/rev.)	—	—	5,5

Tabell IV

Vekter og beltetrykk for forsøkstraktorer utstyrt med halvbelter
Weights and ground pressures of tractors with half tracks.

Traktor <i>Tractor</i>	Ferguson TE-A-20	David Brown Super Diesel	Bolinder Munktell BM 36
Totalvekt. Kg <i>Total weight. Kgs</i>	1360	2040	3460
Forakseltrykk. Kg <i>Front-axial pressure. Kgs</i>	385	700	960
Mellomakseltrykk. Kg <i>Boggie-axial pressure. Kgs</i>	250	170	740
Bakakseltrykk. Kg <i>Rear-axial pressure. Kgs</i>	725	1170	1760
Gjennomsnittlig beltetrykk mot bakken. Kg/cm ² <i>Average ground pressure. Kgs/cm²</i>	0,12	0,16	0,19
Beltetrykk mot bakken ved 500 kg last på trekkrok. Kg/cm ² <i>Ground pressure with 500 kgs load on drawbar. Kgs/cm²</i>	0,18	0,23	0,23
Beltetrykk mot bakken ved 1000 kg last på trekkrok. Kg/cm ² <i>Ground pressure with 1000 kgs load on drawbar. Kgs/cm²</i>	0,25	0,29	0,27
Beltetrykk mot bakken ved 1500 kg last på trekkrok. Kg/cm ² <i>Ground pressure with 1500 kgs load on drawbar. Kgs/cm²</i>	0,31	0,35	0,31

Tabell V.

Antall kraftmålinger under tømmerkjøring med hest på snevei. Kjøring med lass.
Number of observations of resistance or push force. Timber transport with horse on snowroad. Loaded sleds.

Doninger Sleds	Motbakke <i>Uphill</i>			Medbakke <i>Downhill</i>			Sum <i>Total</i>
	< 20 $\frac{0}{100}$	20—50 $\frac{0}{100}$	> 50 $\frac{0}{100}$	< 20 $\frac{0}{100}$	20—50 $\frac{0}{100}$	> 50 $\frac{0}{100}$	
VSA doning	546	762	123	433	298	94	2256
VSA twinsleds							
Moelv doning nr. 144	397	484	94	433	555	162	2125
Moelv twinsleds no. 144							
Finsk doning	448	616	108	316	90	40	1618
Finnish twinsleds							
Sum	1391	1862	325	1182	943	296	5999
<i>Total</i>							

Tabell VI.

Antall kraftmålinger under tømmerkjøring med traktor på snepakket vei. Kjøring med lass.
Number of observations of resistance or push force. Timber transport with tractor on compact snow road. Loaded sleds.

Traktor <i>Tractor</i>	Doninger <i>Sleds</i>	Motbakke <i>Uphill</i>			Medbakke <i>Downhill</i>			Sum <i>Total</i>
		< 50 0/100	50—100 0/100	> 100 0/100	< 50 0/100	50—100 0/100	> 100 0/100	
Ferguson	Sesam doning <i>Sesam trailer-sled</i>	490	217	163	812	434	266	2382
Ferguson	Moelv doning nr. 154	1113	313	38	1428	844	804	4540
Ferguson	Moelv twinsleds no. 154							
	Falk doning	76	26	0	72	57	61	292
	<i>Falk twinsleds</i>							
David	Moelv doning nr. 154	449	154	0	492	399	427	1921
Brown	Moelv twinsleds no. 154							
Bolinder	Moelv doning nr. 154	380	110	0	546	469	537	2042
Munktel	Moelv twinsleds no. 154							
MAN	Moelv doning nr. 154	304	104	0	288	228	244	1168
	Moelv twinsleds no. 154							
MAN	Falk doning	247	81	0	266	217	241	1052
	<i>Falk twinsleds</i>							
	Sum	3059	1005	201	3904	2648	2580	13397
	<i>Total</i>							

Tabell VII.

Antall kraftmålinger under tømmerkjøring med traktor på snepakket vei. Kjøring uten lass.
Number of observations of resistance or push force. Timber transport with tractor on compact snowroad. Unloaded sleds.

Traktor <i>Tractor</i>	Doninger <i>Sleds</i>	Motbakke <i>Uphill</i>			Medbakke <i>Downhill</i>			Sum <i>Total</i>
		< 50 $\frac{0}{100}$	50—100 $\frac{0}{100}$	> 100 $\frac{0}{100}$	< 50 $\frac{0}{100}$	50—100 $\frac{0}{100}$	> 100 $\frac{0}{100}$	
Ferguson	Sesam doning <i>Sesam trailer sled</i>	480	186	114	165	3		948
Ferguson	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twin sleds no. 154</i>	320	124	76	110	2		632
Ferguson	Falk doning <i>Falk twin sleds</i>	144	144	122	152	52		584
Bolinder	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twin sleds no. 154</i>	342	298	354	225	60		1279
Munkteill MAN	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twin sleds no. 154</i>	288	228	244	304	104		1168
MAN	Falk doning <i>Falk twin sleds</i>	266	217	241	247	81		1052
	Sum <i>Total</i>	1840	1167	1151	1203	302		5663

Tabel VIII.

Antall observasjoner av friksjons- og sluringskoeffisienter.

Number of observations of friction coefficients and slipping coefficients.

Traktor <i>Tractor</i>	Drivhjul <i>Driving wheels</i>	Dekkmønster* og snekjetting <i>Tyre design* and snow chain</i>	Snepakket vei <i>Compact snow road</i>			Isbane <i>Ice-road</i>			Sum <i>Total</i>
			0 — \div 2 °C	\div 2° — \div 5°C	> \div 5°C	0 — \div 2 °C	\div 2° — \div 5°C	> \div 5°C	
Ferguson	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>		76	26		16			118
	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>	Dekk med snemønster <i>Tyres with snow design</i>	46	12					58
	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>	7/16" selvbyggerkjet. <i>7/16" zig-zag chain</i>	39	39		22	4		104
	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>	Viidd 3/8" tverrkjet. <i>3/8" short link chain</i>	8	34		7	10		59
	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>	Broddkjetting <i>Barbed short link chain</i>	11	8		7	8		34
	Tohjulsdrift <i>Two wheel drive</i>	Hestekokjetting <i>Snow chain with horse shoes</i>	9			9			18
	Halvbelter <i>Half tracks</i>	Standard ribber <i>Standard shoes</i>	5	5	17		1	1	29
	Halvbelter <i>Half tracks</i>	Sneribber <i>Snow shoes</i>	7			12			19
	Halvbelter <i>Half tracks</i>	Isbrodder <i>Ice-prongs</i>		28			13		41
	Halvbelter <i>Half tracks</i>		18	8	16				42
David Brown	Halvbelter <i>Half tracks</i>								
	Halvbelter <i>Half tracks</i>								

Bolinder Munkteill	Halvbelter <i>Half tracks</i>	11	9	20		40
MAN	Tohjulsdrift enkelthjul <i>Two wheel drive</i>	26	13			39
	<i>Single wheels</i>					
	Firehjulsdrift enkelthjul <i>Four wheel drive</i>	27	12			39
	<i>Single wheels</i>					
	Tohjulsdrift tvilling bak <i>Two wheel drive</i>	41	26			67
	<i>Twin wheels at rear</i>					
	Firehjulsdrift	41	27			68
	Tvilling bak					
	<i>Four wheel drive</i>					
	<i>Twin wheels at rear</i>					
	Tohjulsdrift enkelthjul		12			12
	<i>Two wheel drive</i>					
	<i>Single wheels</i>					
	Firehjulsdrift enkelthjul		11			11
	<i>Four wheel drive</i>					
	<i>Single wheels</i>					
	Tohjulsdrift tvilling bak		10	4		14
	<i>Two wheel drive</i>					
	<i>Twin wheels at rear</i>					
	Firehjulsdrift		12	5		17
	Tvilling bak					
	<i>Four wheel drive</i>					
	<i>Twin wheels at rear</i>					

* Når intet er nevnt, er traktorens standard dekk benyttet.

* The tractors are equipped with standard tyres when others not mentioned.

Tabell VIII. Forts. *Cont.*

Traktor <i>Tractor</i>	Drivhjul <i>Driving wheels</i>	Dekkmønster* og snekjetting <i>Tyre design* and snow chain</i>	Snepakket vei <i>Compact snow road</i>			Isbane <i>Ice-road</i>		Sum <i>Total</i>
			0 — ÷ 2 °C	÷ 2° — ÷ 5°C	< ÷ 5°C	0 — ÷ 2 °C	÷ 2° — ÷ 5°C	
Unimog	Tohjulsdrift enkelthjul <i>Two wheel drive</i>		28	14	11			53
	Single wheels							
	Firehjulsdrift enkelthjul <i>Four wheel drive</i>		13		11			24
	Single wheels							
	Tohjulsdrift tvilling bak <i>Two wheel drive</i>		12	22	3			37
	Twin wheels at rear							
	Firehjulsdrift tvilling bak <i>Four wheel drive</i>		14	22	5			41
	Twin wheels at rear							
	Tohjulsdrift enkelthjul <i>Two wheel drive</i>	Tverrkjetting <i>Short link chain</i>			13			13
	Single wheels							
	Firehjulsdrift enkelthjul <i>Four wheel drive</i>	Tverrkjetting <i>Short link chain</i>			12			12
	Single wheels							
		Sum <i>Total</i>	432	350	117	73	36	1009

* Når intet er nevnt, er traktorens standard dekk benyttet.

* The tractors are equipped with standard tyres when others not mentioned.

Tabell IX.
Antall observasjoner av rullemotstand for traktor på snepakket vei.
Number of observations of rolling resistance of tractors on compact snow road.

Traktor <i>Traktor</i>	Drivhjul <i>Driving wheels</i>	Gripe-anordning <i>Non-skid device</i>	Snetemperatur °C <i>Snow temperature. °C</i>			Sum <i>Total</i>
			0 - ÷ 2°	÷ 2 - ÷ 5	< ÷ 5°	
Ferguson	Enkelthjul <i>Single wheels</i>	—		133	343	476
Ferguson	Halvbelter <i>Half tracks</i>	Gripperibber <i>Gripping shoes</i>	89	266	162	517
David	Enkelthjul	—			178	178
Brown	Single wheels					
David	Halvbelter	—			171	171
Brown	Half tracks					
Bolinder	Halvbelter	—	169			169
Munkteill	Half tracks					
MAN	Enkelthjul	—	94	92		186
	Single wheels					
MAN	Tvilling bak	—	312	45		357
	Twin wheels on rear axle					
MAN	Enkelthjul	Hesteskokjetting <i>Snow chains with horse shoes</i>	139	48		187
	Single wheels					
		Sum <i>Total</i>	803	584	854	2241

Tabell X.

Antall tidsstudier under tømmertransport med hest på snepakket vei.

Kjøring med lass.

*Number of timestudies of timber transport with
horse on snowroad. Loaded sleds.*

Doninger <i>Sleds</i>	Motbakke <i>Uphill</i>		Medbakke <i>Downhill</i>		Sum <i>Total</i>
	< 20 ‰	20—50 ‰	< 20 ‰	20—50 ‰	
VSA doning	254	235	93	88	670
<i>VSA twin-sleds</i>					
Moelv doning nr. 144	183	132	70	174	559
<i>Moelv twin-sleds no. 144</i>					
Finsk doning	192	157	70	60	479
<i>Finnish twin-sleds</i>					
Sum <i>Total</i>	629	524	233	322	1708

Tabell XI.

Antall tidsstudier under tømmerttransport med traktor på snepakket vei. Kjøring med lass.
Number of time studies of timber transport with tractor on compact snow road. Loaded sleds.

Traktor <i>Tractor</i>	Doninger <i>Sleds</i>	Motbakke <i>Uphill</i>				Medbakke <i>Downhill</i>				Sum <i>Total</i>
		< 50 %	50—100 %	> 100 %		< 50 %	50—100 %	> 100 %		
Ferguson	Sesam doning <i>Sesam trailer-sled</i>	434	195	39		1071	601	120		2460
Ferguson	Moelv doning nr. 154	377	78	12		691	363	108		1629
Ferguson	Moelv twinsleds no. 154 Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	18	2	—		14	10	5		49
David Brown	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	200	18	—		187	140	70		615
Bolinder Munkteill	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	166	11	—		167	127	65		536
Bolinder Munkteill	Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	36	4	—		28	20	10		98
MAN	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	184	18	—		179	135	69		585
MAN	Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	60	6	—		53	40	20		179
Unimog	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	136	18	—		124	90	45		413
	Sum <i>Total</i>	1611	350	51		2514	1526	512		6564

Tabell XII.

Antall tidsstudier under tømmertransport med traktor på snepakket vei. Tom-kjøring.
Number of timestudies of timber transport with tractor on compact snow road. Unloaded sleds.

Traktor <i>Tractor</i>	Doninger <i>Sleds</i>	Motbakke <i>Uphill</i>			Medbakke <i>Downhill</i>			Sum <i>Total</i>
		< 50 0/100	50—100 0/100	> 100 0/100	< 50 0/100	50—100 0/100	> 100 0/100	
Ferguson	Sesam doning <i>Sesam trailer sled</i>	825	436	87	167	—	—	1515
Ferguson	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	575	323	97	258	18	18	1271
Ferguson	Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	28	20	10	36	4	4	98
David Brown	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	187	140	70	188	15	15	600
Bolinder Munktell	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	178	139	70	162	10	10	559
Bolinder Munktell	Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	14	10	5	18	2	2	49
MAN	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	182	140	61	166	13	13	562
MAN	Falk doning <i>Falk twinsleds</i>	53	40	20	60	6	6	179
Unimog	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	97	70	35	112	13	13	327
	Sum <i>Total</i>	2139	1318	455	1167	81	81	5160

Tabell XIII.

Antall m³, lass og stokker som er tidsstudert under pålessing av doninger.
Number of cubic meters, loads and logs, time-studied during loading.

Trekraft <i>Type of traction</i>	Forsøksområde <i>Place of investigation</i>	Doninger <i>Sleds</i>	Antall m ³ <i>Cubic meters</i>	Antall lass <i>Number of loads</i>	Antall stokker <i>Number of logs</i>
Traktor <i>Tractor</i>	Løten 1951	Sesam doning <i>Sesam trailer-sled</i>	194	40	1302
	Løten 1951	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	132	30	925
	Jysereid 1951	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	65	16	222
	Sollihøgda 1953	Moelv doning nr. 154 <i>Moelv twinsleds no. 154</i>	271	44	1748
		Sum traktordoninger <i>Total tractor-sleds</i>	662	130	4197
Hest <i>Horse</i>	Løvås 1949, 1950	VSA doning <i>VSA twinsleds</i>	98	34	663
		Moelv doning nr. 144 <i>Moelv twinsleds no. 144</i>	160	69	1162
		Finsk doning <i>Finnish twinsleds</i>	45	20	330
		Sum hestedoninger <i>Total horse-sleds</i>	303	123	2155
		Sum <i>Total</i>	965	253	6352

Tabell XIV.

Oversikt over utjevnete funksjoner for bruddfastheten (bk) i pakket sne i kg/cm², målt med Proctor-nål.
Summary of eliminated functions of the breaking strength (bk) of compact snow in kgs per sq. cm, measured with Proctor-needle.

Alternativ <i>Alternative</i>	a	$x_2 = t$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = q$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = q^2$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = q \cdot t$ $\pm \sigma b_5$	S %	R
I	$\div 4,231$	$+ 1,5988$ $\pm 39,4\%$	$+ 42,4298$ $\pm 101,9\%$	$\div 32,2209$ $\pm 146,4\%$	$\div 9,0179$ $\pm 19,8\%$	49,38	0,7835
II	$+ 1,763$	$+ 1,8776$ $\pm 25,5\%$	$+ 13,4761$ $\pm 63,0\%$		$\div 9,7893$ $\pm 14,1\%$	49,15	0,7815
III*	$+ 7,808$	$+ 2,3980$ $\pm 14,7\%$			$\div 10,9139$ $\pm 11,0\%$	49,79	0,7704

Tabell XV.
Oversikt over utjevnete funksjoner for meie-friksjonskoeffisienten (fg) under kjøring på snepakket vei.
Summary of eliminated functions of friction coefficient of runners (fg) driving on compact snow road.

Alternativ <i>Alternative</i>	a	$x_2 = \frac{1}{30 + t}$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = t$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = t^2$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = t \cdot b$ $\pm \sigma b_5$	$x_6 = b$ $\pm \sigma b_6$	$x_7 = b^2$ $\pm \sigma b_7$	S %	R
I	$\div 22,59$	$+ 3431,368$ $\pm 4,9\%$			$+ 7,0926$ $\pm 3,4\%$	$\div 141,3678$ $\pm 1,6\%$	$+ 87,2452$ $\pm 1,7\%$	23,70	0,6819
II*	$+ 110,06$		$+ 4,0823$ $\pm 3,0\%$	$+ 0,88003$ $\pm 3,3\%$	$+ 6,0415$ $\pm 4,2\%$	$\div 159,5495$ $\pm 2,7\%$	$+ 95,8080$ $\pm 2,1\%$	19,70	0,7868

Tabell XVI.

Oversikt over utjevnete funksjoner for startfraksjons-koeffisienter (f_{st}) under løsrykkning av doning på snepakket vei.
Summary of eliminated functions of friction coefficients (f_{st}) during start of sleds on compact snow road.

Alternativ Alternative	a	$x_2 = \text{mi}$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = \log \text{mi}$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = t$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = t^2$ $\pm \sigma b_5$	$x_6 = t \cdot \log \text{mi}$ $\pm \sigma b_6$	$x_7 = b$ $\pm \sigma b_7$	S %	R
I	+ 208,18	$\div 0,7971$ $\pm 52,3\%$	+ 45,9893 $\pm 26,9\%$	+ 7,2970 $\pm 72,7\%$		$\div 11,0296$ $\pm 20,3\%$	$\div 148,3996$ $\pm 32,1\%$	22,96	0,7841
II	+ 235,05		+ 29,1360 $\pm 29,7\%$	+ 7,6332 $\pm 73,4\%$		$\div 11,2998$ $\pm 20,9\%$	$\div 146,8057$ $\pm 34,4\%$	24,37	0,7504
III	+ 217,35		+ 34,6531 $\pm 20,4\%$		$\div 0,26015$ $\pm 129,7\%$	$\div 9,1451$ $\pm 15,1\%$	$\div 144,4534$ $\pm 33,9\%$	23,29	0,7753
IV	+ 207,80		+ 62,0760 $\pm 10,5\%$		+ 1,5314 $\pm 15,3\%$		$\div 182,3184$ $\pm 30,5\%$	26,61	0,6895
V*	+ 216,45		+ 37,3790 $\pm 16,4\%$			$\div 8,3023$ $\pm 10,0\%$	$\div 151,4247$ $\pm 31,7\%$	23,25	0,7742

Tabell XVII.

Oversikt over utjevnete funksjoner for rullestandsvariasjon med kjørehastigheten under kjøring med tom traktor på islagt vann.

Summary of eliminated functions of the variation of rolling resistance with the speed. Empty tractor driving on ice-covered lake.

Traktor <i>Tractor</i>	Drivhjul <i>Driving wheels</i>	Mellom- hjulenes akseltrykk <i>Kg Axial load on bogie wheels Kgs.</i>	Beltenes ned- bøyning ved 80 kg belast- ning. Cm <i>Deflection on track at 80 kgs load. Cms</i>	a	$x_2 = \frac{1}{\sqrt[3]{v}}$ ± ob ₂	S %	R
Ferguson	Halvbelter <i>Half tracks</i>	230	6	+ 128	÷ 417,3 ± 14,5%	10,13	0,7988
	»	100	6	+ 111	÷ 392,2 ± 16,5%	12,41	0,7346
	»	230	8	+ 96	÷ 324,6 ± 14,1%	10,30	0,7634
	»	100	8	+ 103	÷ 407,4 ± 14,7%	11,92	0,7951
David Brown	Gummihjul <i>Rubber wheels</i>			+ 88	÷ 388,0 ± 9,3%	11,96	0,8640
	Halvbelter <i>Half tracks</i>	240	8	+ 83	÷ 241,0 ± 6,5%	11,76	0,8099
	Gummihjul <i>Rubber wheels</i>			+ 52	÷ 126,9 ± 20,8%	11,37	0,5690

Tabell XVIII.

Oversikt over utjevnete funksjoner for rullemotstandskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og kjørehastighet for traktor med halvbelter. (Rullemotstanden er gitt i kg pr. tonn av belastningen).
Summary of eliminated functions of the variation of the rolling resistance coefficients (in kgs per ton of the load) with the total load on rear axle and speed. Tractors with half tracks.

Traktor <i>Tractor</i>	Mellom- hjulenes akseltrykk <i>Axial load on bogie wheels Kgs</i>	Beltets ned- bøying ved 80 kg belastning <i>Deflection on track at 80 kgs load</i>	Alter- nativ <i>Alter- native</i>	a	$x_2 = \frac{1}{V^v}$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = Q$ $\pm \sigma b_3$	$x^2 = \frac{Q}{V^v}$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = Q^2$ $\pm \sigma b_5$	S %	R
Ferguson	100	6 cm	I*	+ 511,8	$\div 1332,59$ $\pm 21,7\%$	$\div 273,46$ $\pm 9,2\%$	+ 377,61 $\pm 31,3\%$	+ 47,17 $\pm 11,4\%$	16,40	0,8126
»	100	8 cm	I	+ 109,4	$\div 137,34$ $\pm 61,3\%$	$\div 13,84$ $\pm 34,7\%$	$\div 38,19$ $\pm 110,3\%$		16,73	0,7517
	100	8 cm	II*	+ 117,8	$\div 210,79$ $\pm 10,8\%$	$\div 18,01$ $\pm 7,5\%$			16,73	0,7503
»	250	8 cm	I	+ 98,5	$\div 365,71$ $\pm 20,2\%$	+ 22,96 $\pm 36,5\%$	+ 41,83 $\pm 78,8\%$	$\div 12,69$ $\pm 13,7\%$	10,01	0,9481
	250	8 cm	II*	+ 87,7	$\div 274,50$ $\pm 6,6\%$	+ 27,41 $\pm 28,6\%$		$\div 12,70$ $\pm 14,1\%$	10,31	0,9445
David Brown	250	6 cm	I	+ 139,0	$\div 563,38$ $\pm 17,5\%$	$\div 7,48$ $\pm 51,6\%$	+ 85,79 $\pm 39,7\%$		7,22	0,8134
	250	6 cm	II	+ 112,1	$\div 319,74$ $\pm 5,8\%$	+ 1,99 $\pm 44,0\%$			7,33	0,8055
	250	6 cm	III*	+ 118,0	$\div 321,35$ $\pm 5,8\%$				7,42	0,7988
Bolinder Munktel	740	—	I	$\div 33,0$	$\div 365,29$ $\pm 34,6\%$	+ 95,21 $\pm 14,6\%$	+ 55,39 $\pm 53,3\%$	$\div 15,25$ $\pm 10,3\%$	6,30	0,9551
	740	—	II*	$\div 62,8$	$\div 130,25$ $\pm 12,1\%$	+ 102,98 $\pm 13,0\%$		$\div 15,45$ $\pm 10,2\%$	6,38	0,9541

Tabell XIX.

Oversikt over utjevnete funksjoner for rullemotstandskoeffisientens variasjon med bakakselbelastning og kjørehastighet. (Rullemotstanden er gitt i kg pr. tonn av belastningen).

Summary of eliminated functions of the variation of rolling resistance coefficient (in kgs per metric ton of load) with the total load on rear axle and speed.

Traktor <i>Tractor</i>	Data for bakhjulene <i>Data for rear wheels</i>		Alternativ <i>Alternative</i>	a	$x_2 = \frac{1}{\sqrt{v}} \pm \sigma b_2$	$x_3 = Q \pm \sigma b_3$	$x_4 = \frac{Q}{\sqrt{v}} \pm \sigma b_4$	$x_5 = Q^2 \pm \sigma b_5$	S %	R
	Dimensjon <i>Tyre size</i>	Luftrykk kg/cm ² <i>Inflation pressure</i> Ksc								
Ferguson	10—28	0,72	I	+ 64,8	÷ 453,92 ± 7,0%	÷ 0,40 ± 492,4%	+ 128,82 ± 12,2%		15,91	0,8333
		0,72	II*	+ 44,0	÷ 261,91 ± 9,9%	+ 11,90 ± 13,1%			19,53	0,7321
Ferguson	10—28	1,2	I	+ 58,4	÷ 205,71 ± 50,5%	+ 27,24 ± 43,2%	+ 33,73 ± 149,5%	÷ 9,36 ± 29,4%	14,70	0,5104
		1,2	II*	+ 82,9	÷ 137,15 ± 19,4%	÷ 5,06 ± 25,4%			15,12	0,4556
Ferguson	10—28	1,8	I	+ 48,5	÷ 426,58 ± 19,8%	+ 69,35 ± 11,2%	+ 88,03 ± 47,3%	÷ 19,24 ± 12,2%	9,48	0,7605
		1,8	II*	+ 30,0	÷ 253,76 ± 8,8%	+ 78,42 ± 11,6%		÷ 19,06 ± 12,4%	9,58	0,7531
David Brown	11—28	1,5	I	+ 87,8	÷ 424,73 ± 44,7%	÷ 2,70 ± 284,3%	+ 87,00 ± 77,9%		19,99	0,4517
		1,5	II*	+ 61,4	÷ 185,30 ± 19,3%	+ 6,91 ± 24,8%			20,03	0,4433
		1,5	III	+ 80,3	÷ 183,78 ± 20,3%				20,88	0,3487

Tabell

Oversikt over utjevnete funksjoner for rullestands-koeffisientens
standen er gitt i kg pr.

Summary of eliminated functions of the variation of rolling resistance

Traktor <i>Tractor</i>	Dimen- sjon <i>Tyre size</i>	Data for bakhjulene <i>Date for rear wheels</i>			Alternativ <i>Alternative</i>
		Lufttrykk kg/cm ² <i>Inflation pressure Ksc.</i>	Enkelthjul Tvillinghjul <i>Single wheel Twin wheels</i>	Snekjetting <i>Snow chain</i>	
MAN	11—28	1,5	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	—	I
		1,5	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	—	II*
MAN	11—28	1,5	Enkelt hjul <i>Single wheel</i>	Snekjetting <i>Snow chain</i>	I
		1,5	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	Snekjetting <i>Snow chain</i>	II*
MAN	11—28	0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	I
		0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	II
		0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	III*
MAN	11—28	1,8	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	I
		1,8	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	II
		1,8	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	III
		1,8	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	—	IV*

XX.

variasjon med bakakselbelastningen og kjørehastigheten. (Rullemot-
tonn av belastningen).

coefficient (in kgs per ton of the load) with the total load on rear axle and speed.

a	$x_2 = \frac{1}{\sqrt{v}}$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = Q$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = \frac{Q}{\sqrt{v}}$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = Q^2$ $\pm \sigma b_5$	S %	R
+ 111,4	÷ 452,62 ± 38,6%	÷ 15,52 ± 147,6%	+ 73,7 ± 71,4%	÷ 0,49 ± 721,2%	24,29	0,6718
+ 90,6	÷ 219,63 ± 11,0%	÷ 10,60 ± 12,6%			24,28	0,6676
+ 125,5	÷ 404,39 ± 38,6%	÷ 18,41 ± 28,2%	+ 61,46 ± 77,1%		16,04	0,7210
+ 104,0	÷ 203,75 ± 10,2%	÷ 11,84 ± 9,8%			16,07	0,7179
÷ 129,6	÷ 155,33 ± 128,3%	+ 131,33 ± 19,2%	÷ 22,61 ± 262,0%	÷ 21,22 ± 5,6%	19,27	0,7154
÷ 122,1	÷ 230,79 ± 11,0%	+ 129,29 ± 18,9%		÷ 21,28 ± 17,4%	19,06	0,7210
+ 104,8	÷ 231,49 ± 12,0%	÷ 10,91 ± 45,5%			20,91	0,6468
+ 117,4	÷ 413,01 ± 34,5%	÷ 23,88 ± 79,3%	+ 45,71 ± 92,2%	+ 3,00 ± 93,1%	14,54	0,7314
+ 101,6	÷ 260,00 ± 7,1%	÷ 19,18 ± 96,1%		+ 3,04 ± 91,7%	14,54	0,7293
+ 69,1	÷ 260,31 ± 7,1%	+ 0,89 ± 122,1%			14,55	0,7272
+ 72,0	÷ 260,03 ± 7,1%				14,54	0,7260

Tabell XXI.

Oversikt over utjevne funksjoner for friksjonskoeffisienter for sluring (f_f) og under sluring (f_u) ved bruk av halvbelter på traktoren. Snepakket vei.

Summary of eliminated functions of friction coefficients before slipping (f_f) and during slipping (f_u) at different types of half tracks. Compact snowroad.

Traktor <i>Tractor</i>	Mellom- hjulen akseltrykk i kg <i>Axial load on bogie wheels Kgs</i>	Beltenes ribbetype <i>Type of shoes on tracks</i>	Før sluring (f_f) Under sluring (f_u) <i>Before slip- ping (f_f) During slip- ping (f_u)</i>	a	$x_2 = t^2$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = B$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = t \cdot B$ $\pm \sigma b_4$	S %	R
Ferguson	200	Flyteribber <i>Bearing shoes</i>	f_f	1108,8 $\pm 20,8\%$	$\div 2,2319$ $\pm 20,8\%$	$\div 218,6914$ $\pm 16,5\%$	$\div 11,2007$ $\pm 30,9\%$	6,08	0,8691
			f_u	1063,3 $\pm 18,6\%$	$\div 5,5811$ $\pm 18,6\%$	$\div 310,5193$ $\pm 27,1\%$	$\div 34,8389$ $\pm 22,7\%$	17,27	0,8292
Ferguson	200	Griperibber <i>Gripping shoes</i>	f_f	1579,9 $\pm 45,7\%$	$\div 1,8383$ $\pm 45,7\%$	$\div 492,3688$ $\pm 12,4\%$	$\div 17,5090$ $\pm 36,6\%$	9,53	0,8600
			f_u	1359,6 $\pm 37,8\%$	$\div 3,1327$ $\pm 37,8\%$	$\div 430,0531$ $\pm 20,6\%$	$\div 21,7705$ $\pm 45,5\%$	11,10	0,8097
David Brown	250	Standard ribber <i>Standard shoes</i>	f_f	998,0 $\pm 26,2\%$	$\div 3,1206$ $\pm 26,2\%$	$\div 90,9655$ $\pm 16,6\%$	$\div 11,8799$ $\pm 24,3\%$	6,41	0,7025
			f_u	979,5 $\pm 23,0\%$	$\div 2,6856$ $\pm 23,0\%$	$\div 112,6880$ $\pm 43,6\%$	$\div 11,6868$ $\pm 21,1\%$	6,55	0,7426

Tabell XXII.

Oversikt over utjevnete funksjoner for friksjonskoeffisienter (f_t) og sluringskoeffisienter (sl) ved beltene under kjøring med Bolinder Munktell, med 75 % væskefylte dekk og halvbelter på snepakket vei.
Summary of eliminated functions of friction coefficients (f_t) and slipping coefficients (sl) at the tracks when driving with Bolinder Munktell, with tyres filled 75 % liquid and halftracks on compact snow road.

	Dimen- sjon <i>Tyre size</i>	Antall lag <i>Ply rating</i>	Luft- trykk kg/cm ² <i>Inflation pressure Ksc</i>	Snekjetting <i>Snow chain</i>	Snetempe- ratur °C <i>Snow temperature °C</i>	a	$x_2 = B$ $\pm \sigma B_2$	S %	R	M Middel- koeffisient <i>Average coefficient</i>
Friksjonskoeffisi- sient før sluring (f_t) i ‰ <i>Friction coefficient before slipping (f_t) in ‰</i>	11—38	6	1,4	Halvbelter <i>Half tracks</i>	0 — ÷ 2	752,6	÷ 6,71 ± 153,0%	3,36	0,21	730,9 ± 7,2
	11—38	6	1,4	»	÷ 2 — ÷ 5	798,9	÷ 39,56 ± 28,0%	4,12	0,68	
	11—38	6	1,4	»	÷ 5 — ÷ 8	738,3	÷ 17,79 ± 40,6%	2,93	0,59	
Sluringskoeffisient (sl) i % <i>Slipping coefficient (sl) in %</i>	11—38	6	1,4	Halvbelter <i>Halftracks</i>	0 — ÷ 2	86,25	+ 0,27 ± 176,7%	1,09	0,19	94,80 ± 0,33
	11—38	6	1,4	»	÷ 2 — ÷ 5	93,55	÷ 0,45 ± 392,5%	4,70	0,08	92,08 ± 1,25
	11—38	6	1,4	»	÷ 5 — ÷ 8	97,37	÷ 1,07 ± 49,8%	1,50	0,47	94,00 ± 0,41

Tabell

Oversikt over utjevnete funksjoner for friksjonskoeffisienter (f_t) og sluringskoeff-
vei. Snetemperatur

*Summary of eliminated functions of friction coefficients (f_t) and slipping coefficients
road. Snow temperature*

	Dimensjon <i>Tyre size</i>	Antall lag <i>Ply rating</i>	Lufttrykk kg/cm ² <i>Inflation pressure Ksc.</i>	Dekkets mønster <i>Tyre design</i>
Friksjonskoeffisi- ent før sluring (f_t) i ‰	10—28	4	1,8	Good Year. Open centre tread
<i>Friction coefficient before slipping (f_t) in ‰</i>	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	Snemønster <i>Snow design</i>
	10—28	4	1,2	»
Sluringskoeffisient (sl) i %	10—28	4	1,8	Good Year. Open centre tread
<i>Slipping coefficient (sl) in %</i>	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	»
	10—28	4	1,8	Snemønster <i>Snow design</i>
	10—28	4	1,2	»

XXIII.

fisienter (sl) ved trekkhjulene under kjøring med Ferguson hjultraktor på snepakket
 $\div 2 - \div 5^{\circ}\text{C}$.

(sl) at the driving wheels when driving with Ferguson wheel-tractor on compact snow-
 $- 2 \text{ to } - 5^{\circ}\text{C}$.

Snekjetting Snow chain	a	$x_2 = B$ $\pm \sigma b_2$	S %	R	M Middel- koeffisient Average coefficient
Vridd 3/8" tverrkjetting 3/8" short link chain	545,1	$\div 38,65$ $\pm 29,7\%$	5,55	0,67	—
7/16" selvbyggerkjetting 7/16" zig-zag chain	493,0	$+ 11,54$ $\pm 116,8\%$	6,09	0,23	515,0 $\pm 8,6$
Hesteskokjetting Snow chain with horse shoes	963,9	$\div 86,17$ $\pm 20,7\%$	3,28	0,85	—
	274,4	$+ 43,57$ $\pm 29,2\%$	6,99	0,72	—
	582,0	$\div 62,92$ $\pm 20,2\%$	5,74	0,82	—
	578,3	$\div 40,50$ $\pm 41,7\%$	7,77	0,54	—
Vridd 3/8" tverrkjetting 3/8" short link chain	60,94	$+ 11,02$ $\pm 18,2\%$	4,60	0,83	—
7/16" selvbyggerkjetting 7/16" zig-zag chain	78,54	$+ 5,09$ $\pm 30,3\%$	2,92	0,74	—
Hesteskokjetting Snow chain with horse shoes	72,59	$+ 9,67$ $\pm 36,1\%$	4,66	0,70	—
	75,10	$\div 1,17$ $\pm 257,6\%$	5,82	0,12	73,00 $\pm 1,69$
	62,48	$\div 0,67$ $\pm 504,3\%$	7,12	0,06	61,33 $\pm 2,06$
	50,70	$+ 3,34$ $\pm 73,1\%$	5,73	0,34	56,57 $\pm 1,56$

Tabell

Oversikt over utjevnete funksjoner for friksjonskoeffisienter (f_t) og sluringskoeffi-
Snetemperatur
Summary of eliminated functions of friction coefficients (f_t) and slipping coefficients
Snow temperature

	Dimen- sjon <i>Tyre</i> <i>size</i>	Antall lag <i>Ply</i> <i>rating</i>	Lufttrykk kg/cm ² <i>Inflation</i> <i>pressure</i> <i>Ksc</i>	Enkelthjul Tvillinghjul <i>Single wheel</i> <i>Twin wheels</i>	Dekkets mønster <i>Tyre design</i>
Friksjonskoeffisient før sluring (f_t) i ‰	11—28	6	1,0	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	Continental <i>Open center</i> <i>AS-T4</i>
<i>Friction coefficient before slipping (f_t) in ‰</i>	11—28	6	1,8	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	»
	11—28	6	0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	»
	11—28	6	1,0	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	»
	11—28	6	1,8	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	»
Sluringskoeffisient (sl) i %	11—28	6	1,0	Enkelthjul <i>Single wheel</i>	Continental <i>Open center</i> <i>AS-T4</i>
<i>Slipping coefficient (sl) in %</i>	11—28	6	1,8	»	»
	11—28	6	0,7	Tvillinghjul <i>Twin wheels</i>	»
	11—28	6	1,0	»	»
	11—28	6	1,8	»	»

XXIV.

sienter (sl) ved bakhjulene under kjøring med MAN hjultraktor på snepakket vei.
 $\div 2$ — $\div 5^{\circ}\text{C}$.

(sl) at the rear wheels when driving with MAN wheel-tractor on compact snowroad.
 — 2 to — 5 °C.

Snekjetting Snow chain	a	$x_2 = B$ $\pm \sigma b_2$	S %	R	M Middel koeffisient Average coefficient
	147,7	+ 98,35 $\pm 8,9\%$	4,43	0,96	
Hestekokjetting Snow chain with horse shoes	624,9	$\div 5,59$ $\pm 307,1\%$	5,30	0,10	610,0 $\pm 9,4$
	278,1	+ 63,27 $\pm 15,8\%$	3,33	0,92	
	319,3	+ 43,43 $\pm 20,9\%$	3,86	0,81	
Hestekokjetting på ytre tvillinghjul Snow chains on the wheels outside	585,8	$\div 0,41$ $\pm 2690,0\%$	3,73	0,01	584,6 $\pm 6,0$
	49,20	+ 10,94 $\pm 28,9\%$	8,21	0,71	
Hestekokjetting Snow chain with horse shoes	—	—	—	—	91,50 $\pm 1,66$
	58,64	+ 8,09 $\pm 24,6\%$	4,66	0,76	
	50,43	+ 9,25 $\pm 23,7\%$	5,41	0,77	
Hestekokjetting på ytre tvillinghjul Snow chains on the wheels outside	87,68	$\div 0,34$ $\pm 372,6\%$	2,85	0,07	87,38 $\pm 0,72$

Tabell

Oversikt over utjevnete funksjoner for friksjonskoeffisienter (f_t) og sluringskoeffi-
Snetemperatur

*Summary of eliminated functions of friction coefficients (f_t) and slipping
on compact snowroad.*

	Dimen- sjon Tyre size	Antall lag Ply rating	Lufttrykk kg/cm ² Inflation pressure Ksc	Enkelthjul Tvillinghjul Single wheel Twin wheels	Dekkets mønster Tyre design
Friksjonskoeffi- sient før sluring (f_t) i ‰	6,50—20	8	1,8	Enkelthjul Single wheel	Continental AS-Special
	6,50—20	8	1,8	Enkelthjul Single wheel	»
Friction coeffi- cient before slipping (f_t) in ‰	6,50—20	8	1,8	Tvillinghjul Twin wheels	»
	6,50—20	4	1,8	Enkelthjul Single wheel	Continental AS-T4
Sluringskoeffi- sient (sl) i %	6,50—20	8	1,8	Enkelthjul Single wheel	Continental AS-Special
Slipping coeffi- cient (sl) in %	6,50—20	8	1,8	Enkelthjul Single wheel	»
	6,50—20	8	1,8	Tvillinghjul Twin wheels	»
	6,50—20	4	1,8	Enkelthjul Single wheel	Continental AS-T4

XXV.

sienter (sl) ved bakhjulene under kjøring med Unimog hjultraktor på snepakket vei.
 $\div 2$ — $\div 5^{\circ}\text{C}$.

coefficients (sl) at the rear wheels when driving with Unimog wheel- tractor
 Snow temperature — 2 to — 5 °C.

Snekjetting Snow chain	a	$x_2 = B$ $\pm \sigma b_2$	S %	R	M Middel koeffisient Average coefficient
—	426,2	+ 10,50 $\pm 123,7\%$	4,18	0,25	445,5 $\pm 5,8$
Tverrkjetting Short link chain	490,8	+ 5,72 $\pm 294,5\%$	5,86	0,10	501,7 $\pm 8,5$
—	394,4	+ 28,72 $\pm 51,1\%$	4,75	0,53	449,1 $\pm 4,4$
—	245,5	+ 84,80 $\pm 16,3\%$	5,95	0,86	
—	41,82	$\div 2,03$ $\pm 251,9\%$	19,19	0,12	38,09 $\pm 2,22$
Tverrkjetting Short link chain	86,66	+ 0,22 $\pm 784,3\%$	3,51	0,04	87,08 $\pm 0,88$
—	11,49	+ 25,42 $\pm 12,3\%$	7,59	0,93	
—	24,00	+ 17,66 $\pm 15,6\%$	8,45	0,87	

Tabell XXVI.

Oversikt over utjevnete funksjoner for kjøretid (i minutter pr. 100 meter)
for hest og geit-doning på snevei.

*Summary of eliminated function of driving time (in minutes per 100 meters)
of horse and twin-sleds on snowroad.*

	Doning Sleds	a	$x_2 = T_1$	$\sigma b\%$	S %	R
Effektiv kjøretid	VSA doning	+0,893	+0,00047	35,12	11,34	0,3071
	VSA twin-sleds					
	Moelv doning nr. 144	+0,930	+0,00064	32,74	7,56	0,5650
	Moelv twin-sleds no. 144					
Effective driving time	Finsk doning	+0,924	+0,00084	31,53	10,47	0,3270
	Finnish twin-sleds					
	Moelv + Finsk doning	+0,916	+0,00085	21,16	11,30	0,4559
	Moelv + Finnish twin-sleds					
Hviletid Resting time	VSA doning	+0,120	+0,00497	6,35	32,74	0,8278
	VSA twin-sleds					
	Moelv doning nr. 144	+0,015	+0,00607	8,06	28,68	0,7809
	Moelv twin-sleds no. 144					
	Finsk doning	+0,053	+0,00585	7,08	21,78	0,8282
	Finnish twin-sleds					
Total kjøretid	Moelv + Finsk doning	+0,045	+0,00540	5,50	26,96	0,8137
	Moelv + Finnish twin-sleds					
	VSA doning	+0,780	+0,00540	6,83	15,28	0,7774
	VSA twin-sleds					
	Moelv doning nr. 144	+0,932	+0,00684	6,77	10,33	0,8307
	Moelv twin-sleds no. 144					
Total driving time	Finsk doning	+0,848	+0,00695	5,56	8,65	0,8777
	Finnish twin-sleds					
	Moelv + Finsk doning	+0,939	+0,00650	4,20	10,06	0,8732
	Moelv + Finnish twin-sleds					

Oversikt over utjevnete funksjoner for transporthastighetens variasjon
Summary of eliminated functions of the variation of transport speed

Traktor <i>Tractor</i>	Bakhjul <i>Rear wheels</i>		Forhjul <i>Front wheels</i>		Alternativ <i>Alternative</i>	a
	Hjuldimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>	Hjuldimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>		
Ferguson (85mm bore)	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>	I	21,0
»	»	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>	II*	24,9
»	»	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>	III	24,5
MAN	11—28	Tvillinghjul Hesteskokjetting <i>Twin wheels Snow chain with horse shoes</i>	6,50—20	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>	I	16,7
»	11—28	Tvillinghjul Hesteskokjetting <i>Twin wheels Snow chain with horse shoes</i>	6,50—20	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>	II*	18,8
Unimog	6,50—20	Tvillinghjul Tverrkjetting <i>Twin wheels Short-link chain</i>	6,50—20	Enkelt hjul Tverrkjetting <i>Single wheels Short-link chain</i>	I	17,2
»	»	Tvillinghjul Tverrkjetting <i>Twin wheels Short-link chain</i>	6,50—20	Enkelt hjul Tverrkjetting <i>Single wheels Short-link chain</i>	II*	20,2
»	»	Tvillinghjul Tverrkjetting <i>Twin wheels Short-link chain</i>	6,50—20	Enkelt hjul Tverrkjetting <i>Single wheels Short-link chain</i>	III	19,2

XXVII.

med lasstørrelse, snetemperatur og veiens stigningsforhold. (Km/time).

(in kms/h) with the size of payload, snow temperature and gradient.

$x_2 =$ $200 \pm s$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 =$ $(200 \pm s)^2$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = t$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = M^3$ $\pm \sigma b_5$	$x_6 =$ $(200 \pm s) \cdot M^3$ $\pm \sigma b_6$	$x_7 =$ $(200 \pm s) \cdot t$ $\pm \sigma b_7$	S %	R
0,03560 $\pm 48,2\%$	$\div 0,00027$ $\pm 13,7\%$	0,2998 $\pm 44,2\%$	0,7555 $\pm 30,1\%$	0,00016 $\pm 663,3\%$	$\div 0,00140$ $\pm 51,8\%$	16,39	0,8270
	$\div 0,00020$ $\pm 7,0\%$	0,3966 $\pm 32,7\%$	$\div 1,0525$ $\pm 16,9\%$	0,00178 $\pm 44,3\%$	$\div 0,00195$ $\pm 34,7\%$	16,45	0,8250
	$\div 0,00019$ $\pm 7,2\%$	0,0420 $\pm 98,0\%$	$\div 1,1345$ $\pm 13,8\%$	0,00232 $\pm 33,0\%$		16,60	0,8212
0,05110 $\pm 13,4\%$	$\div 0,00034$ $\pm 4,5\%$	$\div 0,5427$ $\pm 27,6\%$	$\div 1,0497$ $\pm 9,8\%$	0,00363 $\pm 14,7\%$		6,63	0,9520
0,05097 $\pm 13,7\%$	$\div 0,00034$ $\pm 4,6\%$		$\div 1,1839$ $\pm 8,3\%$	0,00360 $\pm 15,2\%$		6,75	0,9501
0,02388 $\pm 68,9\%$	$\div 0,00048$ $\pm 7,0\%$	$\div 0,8792$ $\pm 9,7\%$	$\div 2,6198$ $\pm 15,8\%$	0,01754 $\pm 12,5\%$		16,90	0,8517
	$\div 0,00044$ $\pm 5,6\%$	$\div 0,8807$ $\pm 9,7\%$	$\div 3,0154$ $\pm 10,5\%$	0,01992 $\pm 7,5\%$		16,92	0,8509
	$\div 0,00041$ $\pm 7,2\%$	$\div 1,1967$ $\pm 15,6\%$	$\div 2,8269$ $\pm 6,9\%$	0,01881 $\pm 8,4\%$	0,00187 $\pm 52,3\%$	16,87	0,8523

Oversikt over utjevnete funksjoner for transporthastighetens variasjon med trekk-
Summary of eliminated functions of the variation of speed (in kms/h) with resistance

Traktor <i>Tractor</i>	Bakhjul <i>Rear wheels</i>		Forhjul <i>Front wheels</i>	
	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>
Ferguson (80mm bore)	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
Ferguson (85mm bore)	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
David Brown	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
Bolinder Munktel	11—38	Halvbelter <i>Half tracks</i>	6,00—19	Enkelthjul <i>Single wheels</i>
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
MAN	11—28	Tvillinghjul. Heste- skokjetting <i>Twin wheels. Snow chain with horse shoes</i>	6,50—20	Enkelthjul <i>Single wheels</i>
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»

XXVIII.

motstand og belastning på trekkroken under kjøring med lass i motbakke. (Km/t.)
force and load on the draw hook, when driving uphill with loaded sleds.

Alternativ Alternative	a	$x_2 = T_1$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = B_t$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = B_t^2$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = B_t \cdot T_1$ $\pm \sigma b_5$	S %	R
I*	÷1,0	÷ 0,0179 ± 18,5%	22,4745 ± 17,9%	÷ 11,3442 ± 10,2%	0,0089 ± 33,4%	9,44	0,8554
I*	14,2	÷ 0,0177 ± 8,6%	5,0709 ± 6,0%	÷ 3,3237 ± 14,0%	0,0044 ± 30,1%	12,78	0,8610
I	15,9	÷ 0,0040 ± 66,9%	÷ 0,5148 ± 3,4%	÷ 8,2355 ± 127,6%	0,0022 ± 147,4%	7,69	0,8648
II	15,1	÷ 0,0022 ± 6,2%	÷ 0,2045 ± 8633,0%	÷ 7,3241 ± 142,0%		7,68	0,8643
III	15,7	÷ 0,0040 ± 66,7%		÷ 8,5362 ± 20,0%	0,0022 ± 147,1%	7,66	0,8648
IV	15,0	÷ 0,0022 ± 6,2%		÷ 7,4444 ± 2,4%		7,65	0,8643
V	21,6	÷ 0,0037 ± 71,0%	÷ 14,1959 ± 20,3%		0,0019 ± 171,4%	7,68	0,8642
VI	9,9	0,0086 ± 11,3%			÷ 0,0131 ± 8,9%	8,27	0,8395
VII*	20,3	÷ 0,0022 ± 6,2%	÷ 12,6159 ± 7,6%			7,66	0,8638
I	12,5	0,0022 ± 71,4%	÷ 1,3036 ± 141,8%	1,3203 ± 50,4%	÷ 0,0064 ± 18,9%	10,19	0,7894
II	11,7	0,0024 ± 64,0%		0,8786 ± 25,4%	÷ 0,0066 ± 17,8%	10,17	0,7888
III	10,5	0,0019 ± 83,1%	2,1526 ± 29,1%		÷ 0,0063 ± 19,5%	10,27	0,7842
IV*	12,9	÷ 0,0026 ± 34,6%			÷ 0,0024 ± 21,0%	10,57	0,7681
I	19,2	÷ 0,0178 ± 13,0%	÷ 0,5253 ± 802,8%	÷ 2,3664 ± 61,9%	0,0060 ± 27,2%	8,91	0,9110
II	23,8	÷ 0,0182 ± 12,7%	÷ 7,1926 ± 11,9%		0,0062 ± 26,3%	8,95	0,9096
III*	18,8	÷ 0,0177 ± 12,4%		÷ 2,5451 ± 11,6%	0,0059 ± 26,4%	8,89	0,9110

Oversikt over utjevnete funksjoner for transporthastighetens variasjon med trykk-
Summary of eliminated functions of the variation of speed (in kms/h) with push

Traktor <i>Tractor</i>	Bakhjul <i>Rear wheels</i>		Forhjul <i>Front wheels</i>	
	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>
Ferguson	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
»	»	»	—	»
Bolinder Munktel	11—38	Halvbelter <i>Half tracks</i>	6,00—19	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
MAN	11—28	Tvillinghjul. Heste- skokjetting <i>Twin wheels Snow chain with horse shoes</i>	6,50—20	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»

XXIX.

kraft og belastning på trekkroken under kjøring med lass i utforbakke. (Km/time).
force and load on the draw-hook, when driving downhill with loaded sleds.

Alternativ Alternative	a	$x_2 = T_2$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = T_2^2$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = B_t$ $\pm \sigma b_4$	$x_5 = B_t \cdot T_2$ $\pm \sigma b_5$	S %	R
I	21,2	0,0020 $\pm 170,1\%$	0,000007 $\pm 68,0\%$	$\div 3,5180$ $\pm 25,2\%$	$\div 0,0063$ $\pm 48,4\%$	6,96	0,7395
II	21,6		0,000008 $\pm 53,3\%$	$\div 3,8332$ $\pm 6,0\%$	$\div 0,0051$ $\pm 43,1\%$	6,95	0,7390
III	22,7	$\div 0,0030$ $\pm 84,2\%$	0,000004 $\pm 122,7\%$	$\div 5,1627$ $\pm 7,6\%$		7,02	0,7326
IV	22,5	$\div 0,0010$ $\pm 71,6\%$		$\div 5,1501$ $\pm 7,6\%$		7,01	0,7315
V	21,2	0,0041 $\pm 76,8\%$		$\div 3,8889$ $\pm 21,9\%$	$\div 0,0048$ $\pm 60,0\%$	6,98	0,7360
VI	17,3	0,0161 $\pm 11,8\%$			$\div 0,0165$ $\pm 8,4\%$	7,33	0,7013
VII*	22,2			$\div 4,8025$ $\pm 10,1\%$	$\div 0,0012$ $\pm 57,4\%$	6,99	0,7332
I	16,9	0,0065 $\pm 25,6\%$	0,000003 $\pm 113,8\%$	$\div 0,5531$ $\pm 102,9\%$	$\div 0,0085$ $\pm 17,3\%$	6,35	0,8773
II	17,0	0,0072 $\pm 21,1\%$		$\div 0,8794$ $\pm 53,6\%$	$\div 0,0075$ $\pm 14,5\%$	6,35	0,8764
III*	16,0	0,0093 $\pm 10,9\%$			$\div 0,0092$ $\pm 5,7\%$	6,40	0,8736
I	20,1	$\div 0,0046$ $\pm 72,8\%$	0,000002 $\pm 87,8\%$	$\div 3,8253$ $\pm 21,6\%$	0,0002 $\pm 1657,5\%$	6,71	0,7857
II	20,0	$\div 0,0044$ $\pm 34,3\%$	0,000002 $\pm 71,8\%$	$\div 3,7806$ $\pm 9,6\%$		6,69	0,7857
III*	19,6	$\div 0,0024$ $\pm 16,5\%$		$\div 3,7241$ $\pm 9,7\%$		6,71	0,7828

Tabell XXX.

Oversikt over utjevnete funksjoner for kjøretider (i minutter pr. 100 meter) ved de varierende prosentiske antall tilfelle som traktoren har kjørt i 2. gear eller 4. gear i forhold til antall tilfelle kjørt i 3. gear. Ferguson 80 mm boring med halvbelter på snepakket vei.

Summary of eliminated functions of travelling time (in minutes per 100 meters) at various percentage numbers of cases travelled in 2. gear or 4. gear in relation to numbers of cases travelled in 3. gear. Ferguson 80 mm bore with half tracks on compact snowroad.

Gear-skifte Gear-changing	Alternativ Alternative	a	x_2	$b_2 \pm \sigma b_2$	x_3	$b_3 \pm \sigma b_3$	x_4	$b_4 \pm \sigma b_4$	S %	R
2. — 3. gear	I	+ 0,63	p_s	+ 0,0126 ± 38,9%	p_s^2	÷ 0,000239 ± 57,0%	p_s^3	+ 0,00000185 ± 55,0%	5,71	0,9716
	II	+ 0,76	$1 \over 100 \div p_s$	+ 5,4072 ± 17,1%	$1 \over p_s$	÷ 0,2511 + 29,5%			7,18	0,9491
	III	+ 0,65	$1 \over 100 \div p_s$	+ 1,8687 ± 15,4%	$1 \over \sqrt{p_s}$	÷ 0,2628 ± 24,4%			5,20	0,9736
	IV	+ 0,56	$1 \over \sqrt[3]{100 \div p_s}$	+ 1,5151 ± 16,5%	$1 \over \sqrt[3]{p_s}$	÷ 0,2922 ± 25,4%			4,93	0,9764
4. — 3. gear	I	+ 0,80	p_s	÷ 0,0131 ± 25,4%	p_s^2	+ 0,000234 ± 37,8%	p_s^3	÷ 0,00000144 ± 42,4%	5,49	0,9781
	II	+ 0,54	$1 \over 100 \div p_s$	÷ 0,3311 ± 29,4%	$1 \over p_s$	+ 0,7869 ± 15,5%			6,74	0,9668
	III	+ 0,51	$1 \over 100 \div p_s$	÷ 0,2469 ± 24,5%	$1 \over \sqrt{p_s}$	+ 0,5139 ± 11,2%			4,76	0,9836
	IV	+ 0,48	$1 \over \sqrt[3]{100 \div p_s}$	÷ 0,2424 ± 22,3%	$1 \over \sqrt[3]{p_s}$	+ 0,5101 ± 10,8%			3,85	0,9893

Tabell XXXI.

(oversikt over funksjoner for kjøretider (i minutter pr. 100 meter) ved de varierende prosentiske antall tilfelle som traktorene har kjørt i 2. gear eller 4. gear i forhold til antall tilfelle kjørt i 3. gear. Snepakket vei.

Summary of eliminated functions of travelling time (in minutes per 100 meters) at various percentage numbers of cases, travelled in 2. gear or 4. gear in relation to number of cases travelled in 3. gear. Compact snowroad.

Traktor <i>Tractor</i>	Drivhjul <i>Driving wheels</i>	Gear skifte <i>Gear-changing</i>	Ligning <i>Equation</i>	S %	R
Ferguson 80mm bore	Halvbelter <i>Half tracks</i>	2. gear - 3. gear	$y = + \frac{1,515}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} - \frac{0,292}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,56$	4,93	0,9764
Ferguson 85mm bore	Halvbelter <i>Half tracks</i>	2. gear - 3 gear	$y = + \frac{0,197}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} - \frac{0,203}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,79$	4,57	0,9615
MAN	4-hjuls drift <i>4-wheel drive</i>	3. gear - 4. gear	$y = + \frac{0,996}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} - \frac{0,264}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,64$	6,85	0,9421
Ferguson 80mm bore	Halvbelter <i>Half tracks</i>	4. gear - 3. gear	$y = \div \frac{0,242}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} + \frac{0,510}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,48$	3,85	0,9893
Ferguson 85mm bore	Halvbelter <i>Half tracks</i>	4. gear - 3. gear	$y = \div \frac{0,230}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} + \frac{0,668}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,36$	11,42	0,9348
Bolinder Munktell	Halvbelter <i>Half tracks</i>	4. gear - 3. gear	$y = \div \frac{0,278}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} + \frac{0,170}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,58$	11,20	0,9060
MAN	4-hjuls drift <i>4-wheel drive</i>	5. gear - 4. gear	$y = \div \frac{0,099}{\sqrt[3]{100 \div P_s}} + \frac{1,265}{\sqrt[3]{P_s}} + 0,25$	13,05	0,9186

Tabell

Oversikt over utjevnede funksjoner for transporthastighetens variasjon
Summary of eliminated functions of the variation of speed (in kms/h)

Traktor <i>Tractor</i>	Bakhjul <i>Rear wheels</i>		Forhjul <i>Front wheels</i>	
	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>	Hjul- dimensjon <i>Tyre size</i>	Utstyr <i>Equipment</i>
Ferguson (85mm bore)	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
»	10—28	»	—	»
David Brown	10—28	Halvbelter <i>Half tracks</i>	—	Traktorski <i>Tractorskis</i>
»	10—28	»	—	»
Bolinder Munktell BM-36	11—38	Halvbelter <i>Half tracks</i>	6,00—19	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>
»	11—38	»	6,00—19	»
MAN	11—28	Tvilling hjul Hesteskokjetting <i>Twin wheels</i> Snow chain <i>with horse shoes</i>	6,50—20	Enkelt hjul <i>Single wheels</i>
»	11—28	»	6,50—20	»
Unimog	6,50—20	Tvilling hjul Tverrkjetting <i>Twin wheels</i> Short link chain	6,50—20	Enkelt hjul Tverrkjetting <i>Single wheels</i> Short link chain
»	6,50—20	»	6,50—20	»

XXXII.

med veiens stigningsforhold under kjøring med tom doning i motbakke.
with the gradient when driving uphill with empty sleds.

Alternativ Alternative	a	$x_2 = s$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = s^2$ $\pm \sigma b_3$	S %	R
I	18,8	$\div 0,0317$ $\pm 44,6\%$	$\div 0,00040$ $\pm 24,5\%$	8,63	0,9421
II*	20,2	$\div 0,0881$ $\pm 3,6\%$		9,20	0,9334
I	10,4	$\div 0,0066$ $\pm 94,9\%$	$\div 0,00008$ $\pm 55,0\%$	5,35	0,7928
II*	10,7	$\div 0,0176$ $\pm 7,4\%$		5,40	0,7859
I	16,3	$\div 0,0837$ $\pm 17,6\%$	$0,00018$ $\pm 56,0\%$	12,17	0,8426
II*	15,7	$\div 0,0579$ $\pm 5,1\%$		12,25	0,8392
I	15,0	$0,0036$ $\pm 162,0\%$	$\div 0,00037$ $\pm 10,8\%$	3,95	0,9648
II*	16,3	$\div 0,0491$ $\pm 3,2\%$		5,10	0,9402
I	10,6	$\div 0,0076$ $\pm 75,2\%$	$\div 0,00002$ $\pm 23,4\%$	6,74	0,8885
II*	11,2	$\div 0,0314$ $\pm 4,0\%$		7,04	0,8771

Tabell XXXIII.

Enmannspålessing av hestedoninger. Oversikt over utjevnete funksjoner for
hjelpetid (ordning av lass) i minutter pr. lass.

*One-man loading of horse sleds. Summary of eliminated functions of auxiliary
times (adjusting logs on load) in minutes per load.*

Doning <i>Twinsleds</i>	a	$x_2 = M^3$ $\pm \sigma b^3$	S %	R
VSA doning <i>VSA twin-sleds</i>	$\div 5,799$	$+ 2,5647$ $\pm 10,1 \%$	24,61	0,8968
Moelv doning nr. 144 <i>Moelv twin-sleds</i> <i>no. 144</i>	$\div 1,573$	$+ 1,4647$ $\pm 8,9 \%$	30,10	0,8124
Finsk doning <i>Finnish twin-sleds</i>	$\div 4,583$	$+ 2,3955$ $\pm 21,2 \%$	37,42	0,7629

Fig. I—XVII

Utjevnede funksjoner

Smoothed Functions

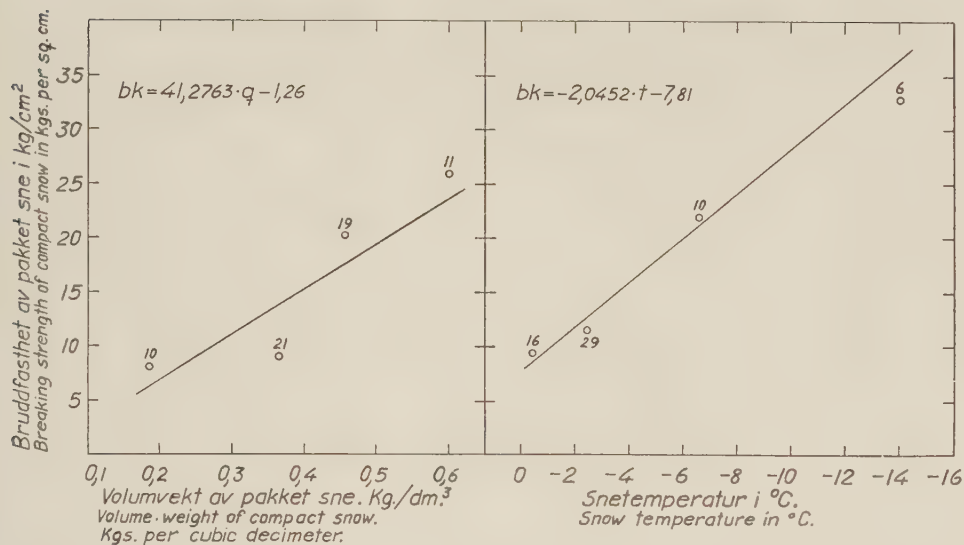


Fig. I. Utjevnete funksjoner for bruddfasthet av pakket sne.
Breaking strength of compact snow. Smoothed functions.

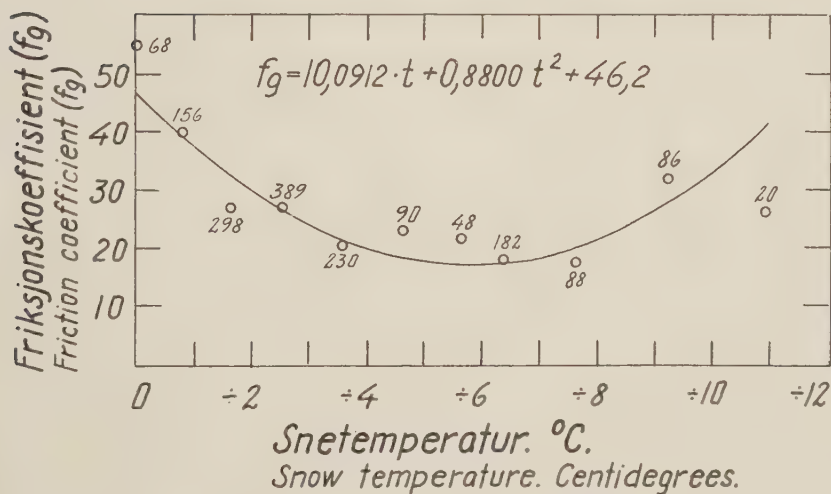


Fig. II. Utjevnet funksjon for friksjonskoeffisient under meier (f_g) på snepakket vei.
Smoothed function for friction coefficient of runners (f_g) on compact snow-road.

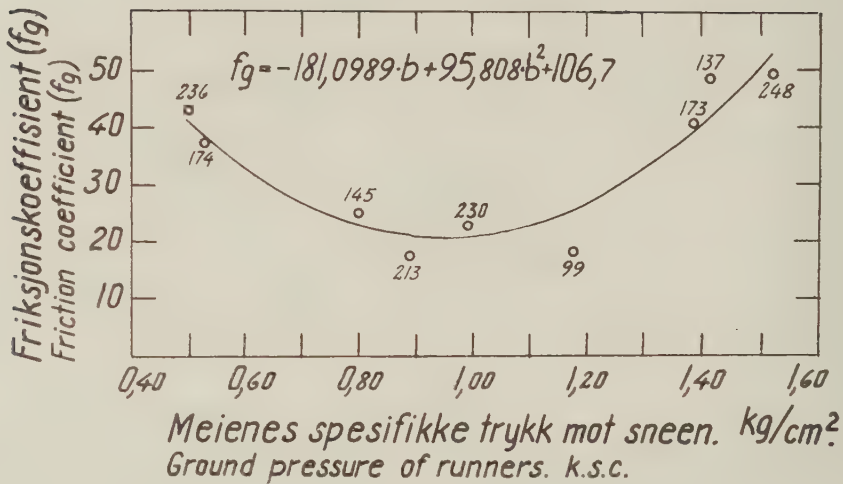


Fig. III. Utjevnet funksjon for friksjonskoeffisient under meier (f_g) på snepakket vei.

Smoothed function for friction coefficient of runners (f_g) on compact snow-road.

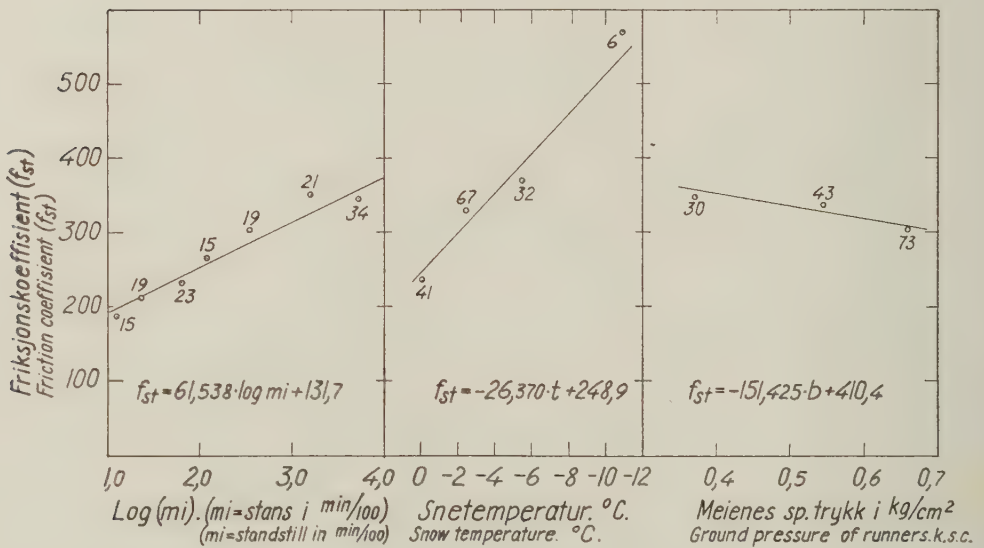


Fig. IV. Utjevnete funksjoner for startfriksjonskoeffisient (f_{st}) under løsrøkkning av doning på snepakket vei.

Smoothed functions for friction coefficient (f_{st}) when starting sleds on compact snow-road.

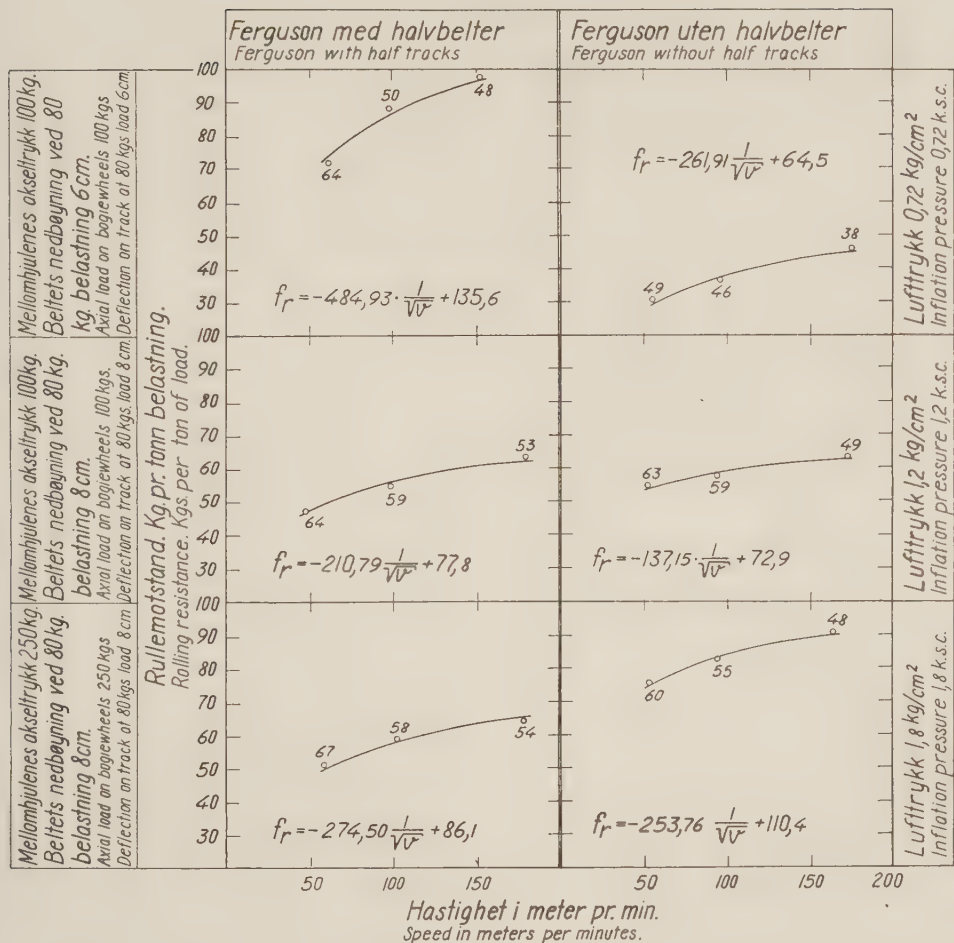


Fig. V. Rullestandsstandskoeffisient i kg pr. tonn belastning. Ferguson på snepakket vei.

Rolling resistance coefficient in kgs per ton of load. Ferguson tractor on compact snow-road.

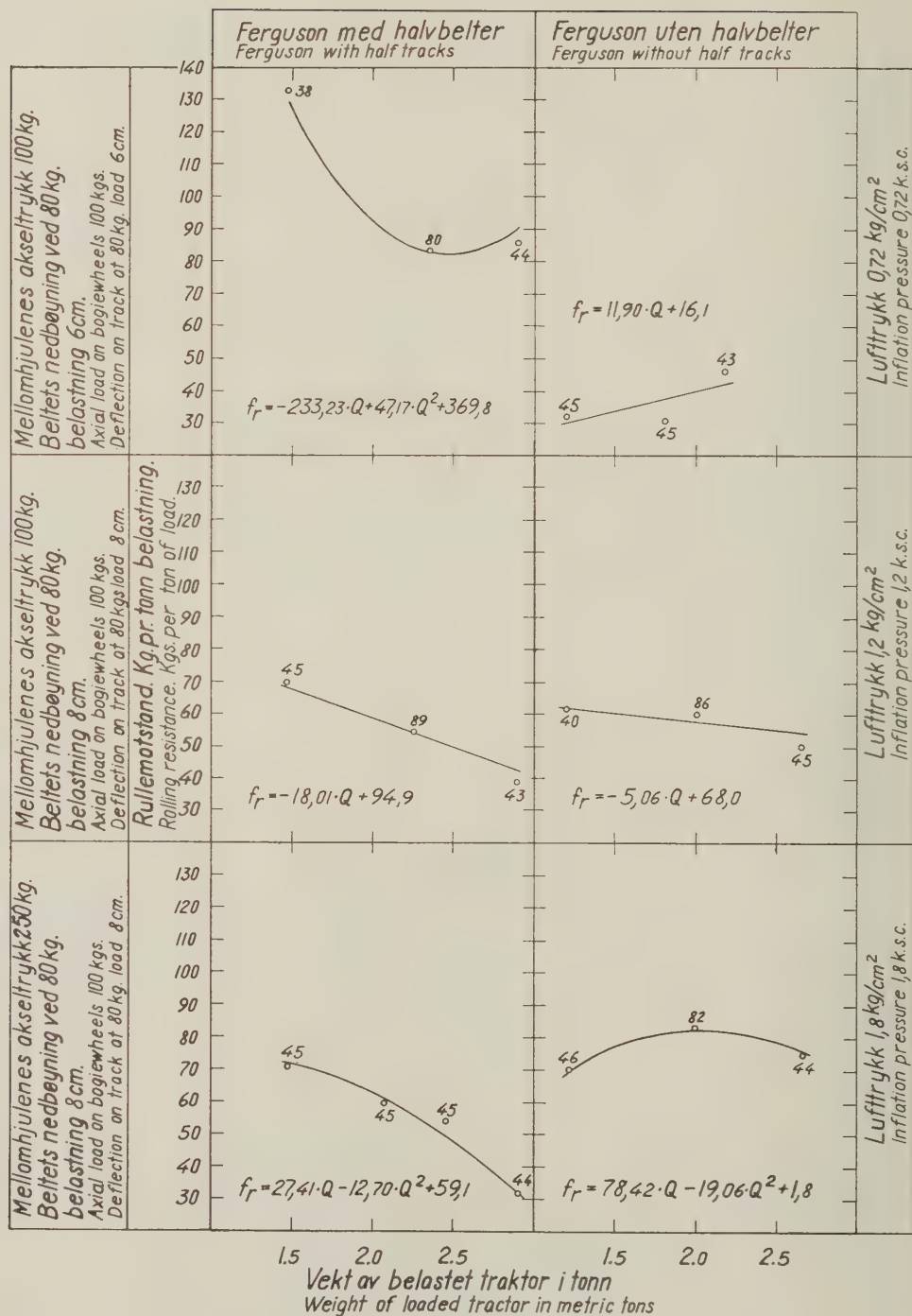


Fig. VI. Rullemotstandskoeffisient i kg pr. tonn belastning. Ferguson på snepakket vei.

Rolling resistance coefficient in kgs per ton of load. Ferguson tractor on compact snow-road.

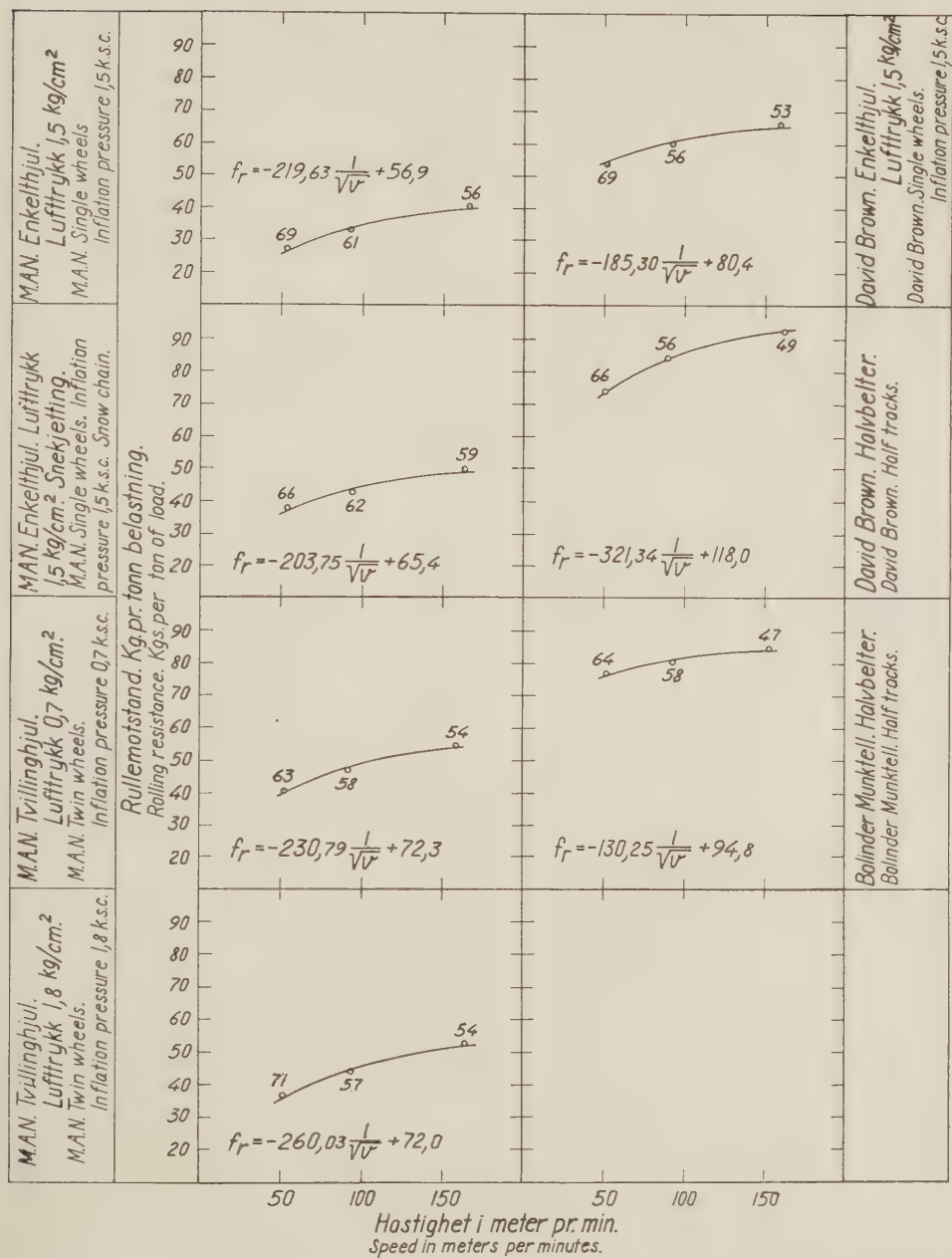


Fig. VII. Rullemotstandskoeffisient i kg pr. tonn belastning for traktor på snepakket vei.

Rolling resistance coefficient in kgs per ton of load for tractor on compact snow-road

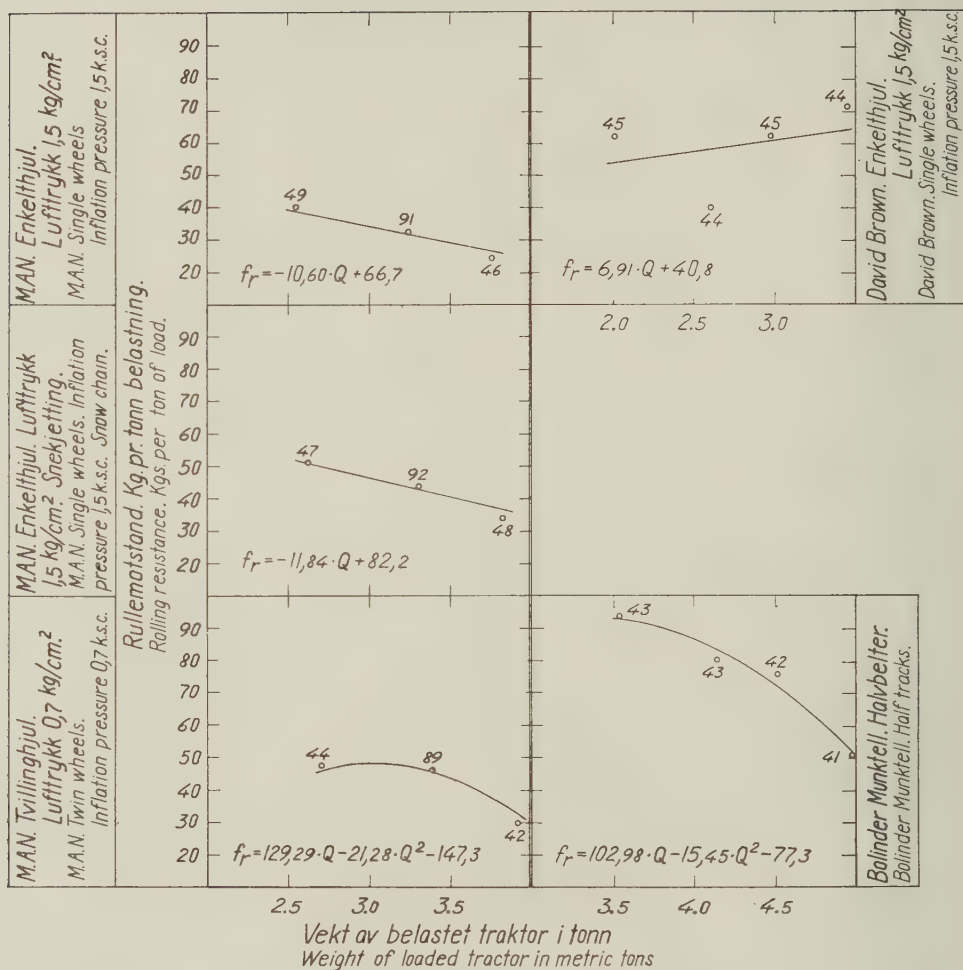


Fig. VIII. Rullemotstandskoeffisient i kg pr. tonn belastning for traktor på snepakket vei.

Rolling resistance coefficient in kgs per ton of load for tractor on compact snow-road.

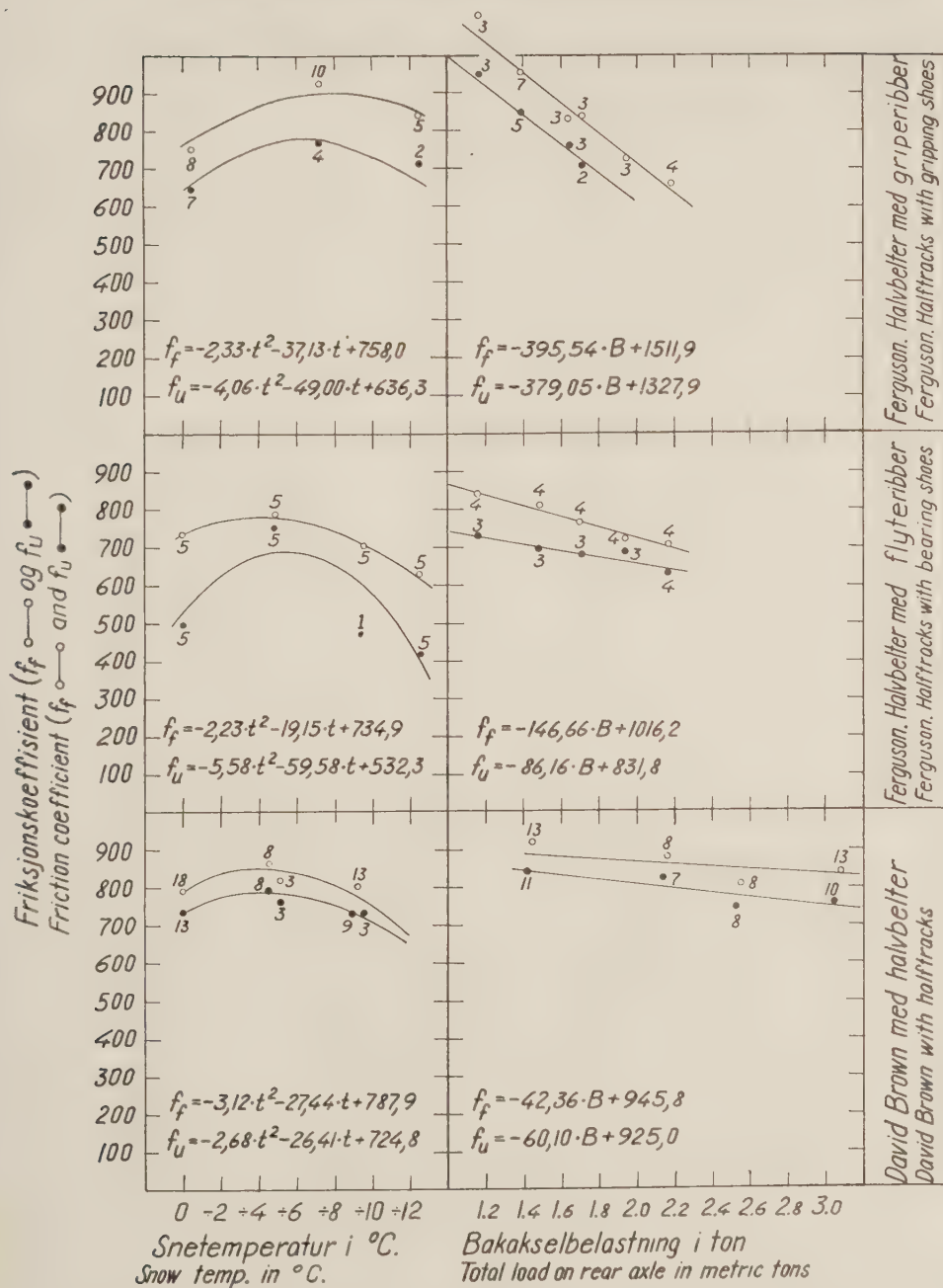


Fig. IX. Utjevnete funksjoner for friksjonskoeffisienter før sluring (f_f) og under sluring (f_u) under kjøring med traktor på snepakket vei.
Smoothed functions for friction coefficients before slipping (f_f) and during slipping (f_u) when driving with tractors on compact snow-road.

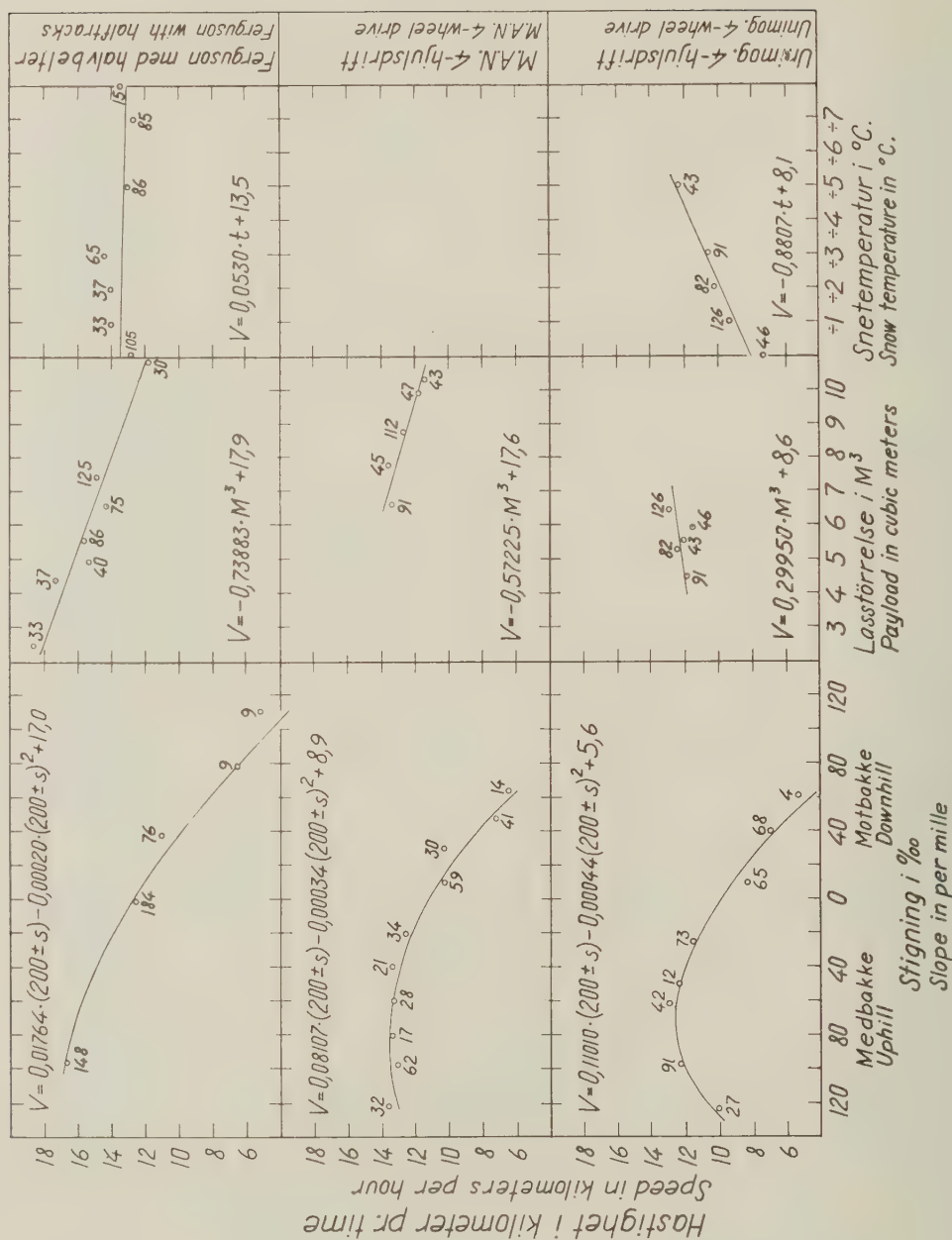


Fig. X. Hastigheter under kjøring med lass.
Speeds when driving with loaded sleds.

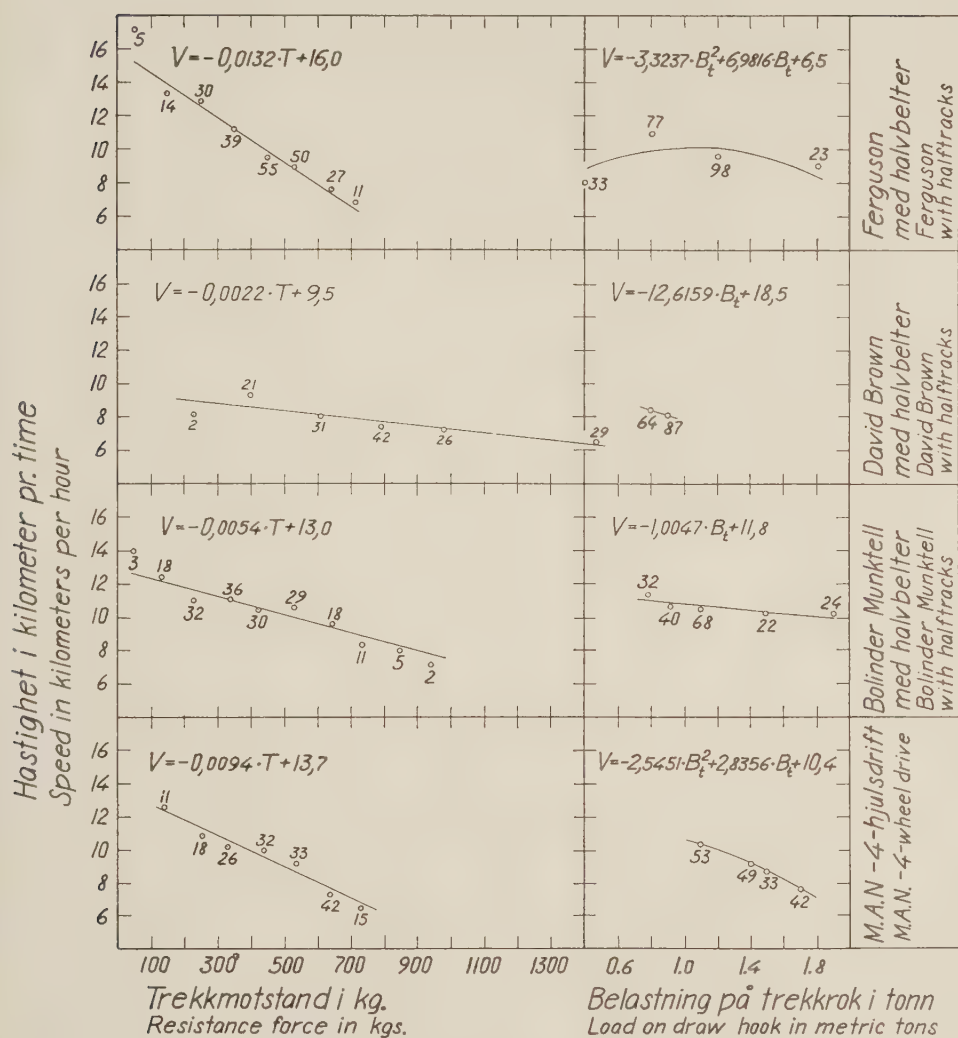


Fig. XI. Hastigheter under kjøring med lass i motbakker.

Speeds when driving uphill with loaded sleds.

Ferguson med halvbelter. (80 mm. boring)
Ferguson with halftracks. (80 mm. bore)

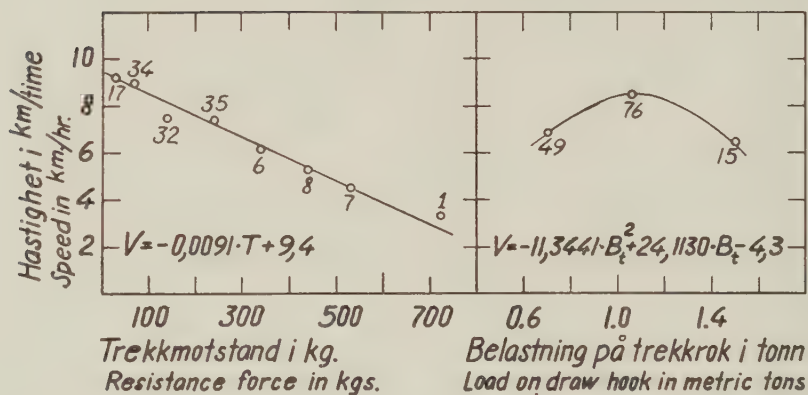


Fig. XII. Hastigheter under kjøring med lass i motbakker.
 Speeds when driving uphill with loaded sleds.

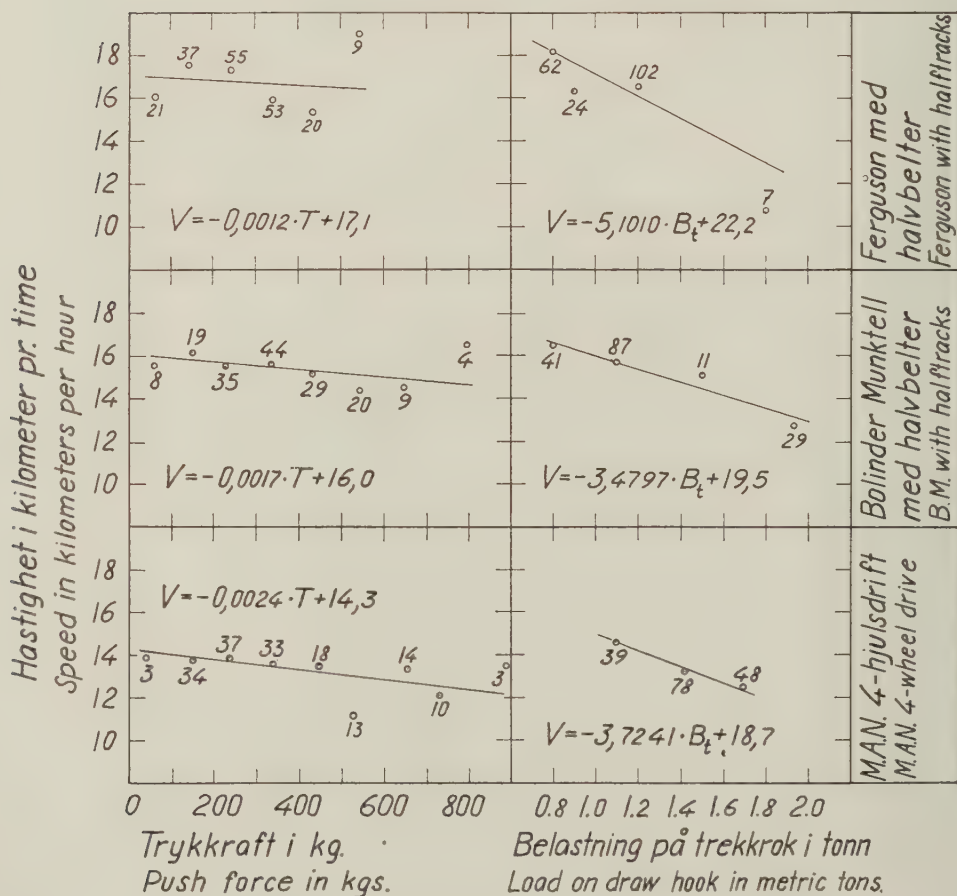


Fig. XIII. Hastigheter under kjøring med lass i utforbakke.
 Speeds when driving downhill with loaded sleds.

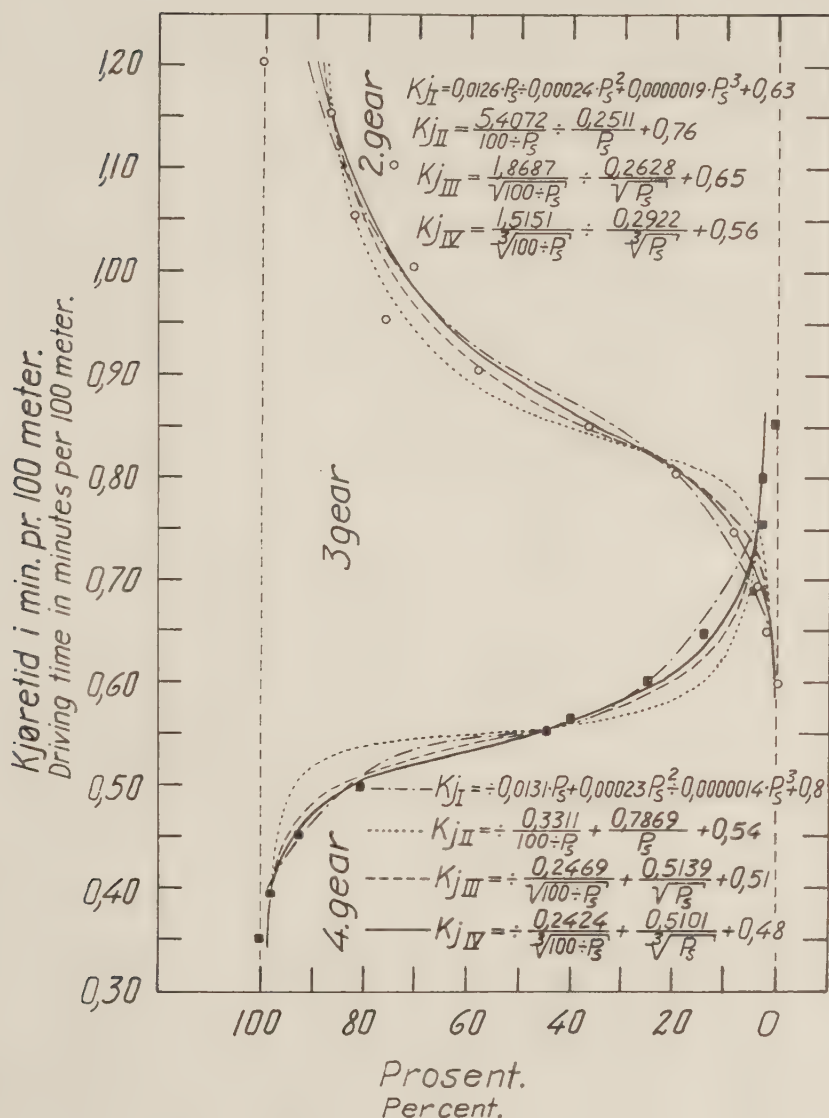


Fig. XIV. Utjevnete funksjoner for kjøretider (i minutter pr. 100 meter) ved varierende prosentisk antall tilfelle som traktoren har kjørt i 2. gear eller 4. gear i forhold til antall tilfelle kjørt i 3. gear. Ferguson 80 mm boring med halvbelter på snepakket vei.

Smoothed functions of travelling time (in minutes per 100 meters) at the different percentage numbers of cases in 2nd gear or 4th gear, in relation to number of cases travelled in 3rd gear. Ferguson 80 mm bore with half-tracks on compact snow-road.

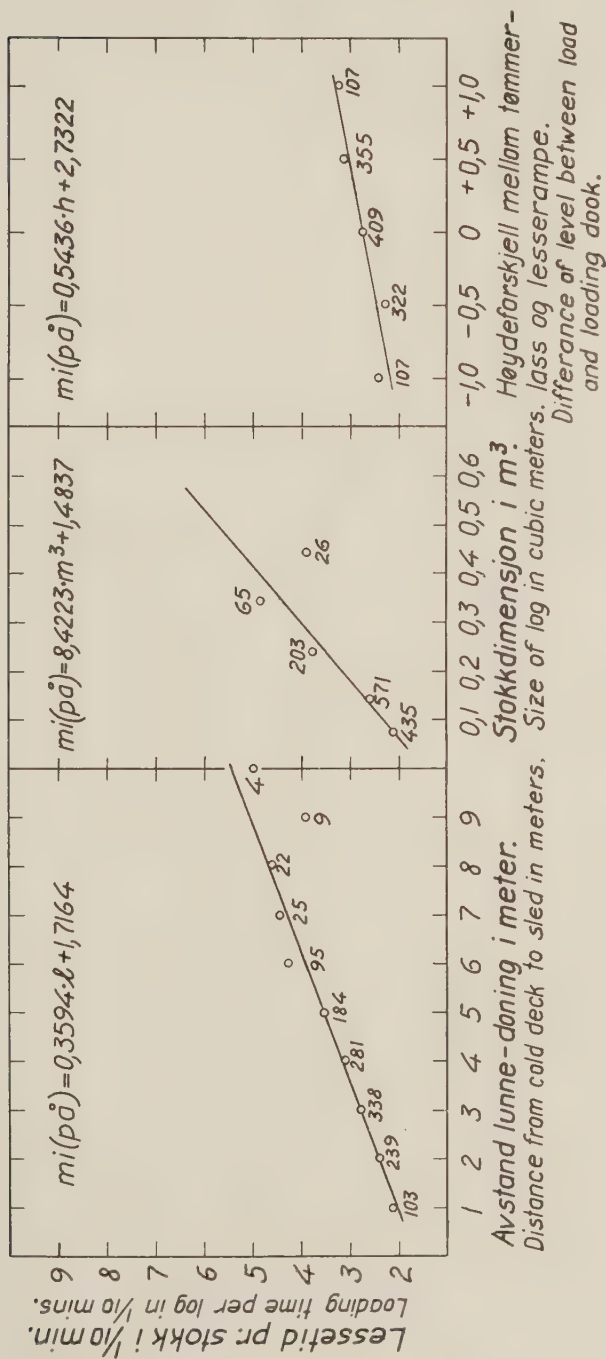


Fig. XVI. Pålesangstid for traktordøning. To mann lesser fra rampe.

Loading time for tractor-sleds. Two-men loading from loading dock.

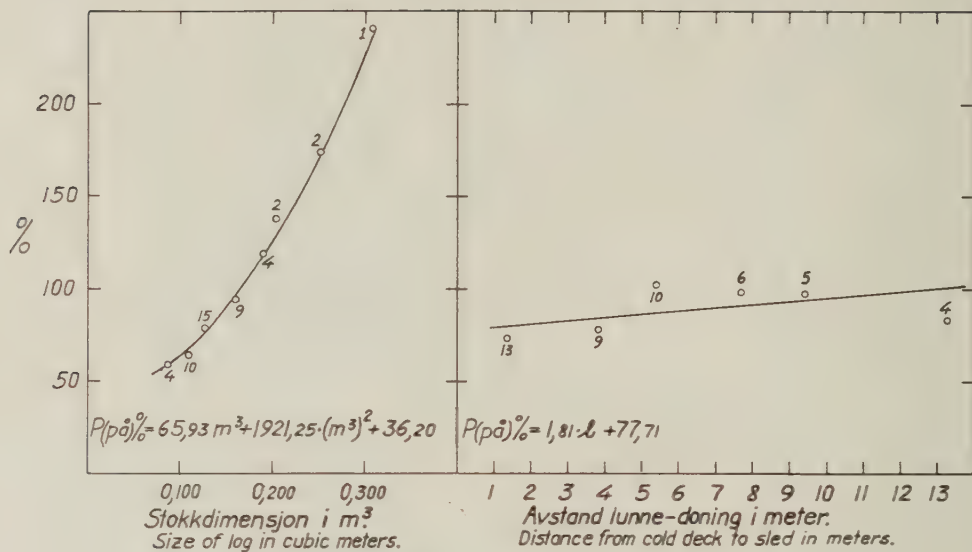


Fig. XVII. En-manns pålessing på hestedoninger av klosslagt tømmer på bakken. Prosentisk økning i tid pr. stokk i forhold til to-manns lessing på traktordoninger fra rampe.

One-man loading of horse-sleds from stack on ground. Percentage increase in log-time compared with two-man loading of tractor-sleds from loading dock.

TIMBER TRANSPORT WITH HORSE AND TRACTORS ON COMPACT SNOWROADS

Forestry work in Norway has long-standing traditions. In certain of our wooded districts, regular forestry work was practised as early as the eleventh century. In these districts, there is usually snow during the winter months, and it is natural that the transport of timber during this period has taken place mainly over snow-covered ground. From the beginning, the timber has been transported mainly by horse, and the horse is still our most important source of power for this purpose. As large areas of our forests grow on steep ground, the development has on the whole led to the improvement of equipment for horse transport in steep woodlands (fig. 1). This concerns especially timber sleds for the transport of timber on steep downhill roads. About 1900, the twin-sled was taken into use for timber transport with horse in flat forest terrain. The development up to the present day has led to the improvement of horse-sleds as far as the runners and loading bunks are concerned (fig. 5), and since 1947, compact snowroads for horse transport have been taken into use (fig. 57, 62 and 116).

In later years, the tractor has begun to be used in the service of timber transport. In Norway, the first timber transport with tractors occurred about 25 years ago. To a certain extent, agricultural tractors were employed, but the best results were obtained with 3-ton crawler tractors, because they lent themselves to transport on compact snowroads, and because this size of tractor adapted itself well under the Norwegian forest and terrain conditions (fig. 3).

In 1950, the Norwegian Forest Research Institute put into operation an investigation concerning the transport by agricultural tractors under winter conditions. By equipping the tractors with half-tracks, and replacing the front-wheels with tractor skis (fig. 15 and 16), these tractors were found to be suitable for timber

transport on compact snowroads. On the basis of the practical experience we have gleaned during the present experiments, this form of transport has become much more widespread in Norwegian forestry work. On longer roads, this form of transport has been adopted at the expense of horse transport (fig. 36, 58, 60, 122 to 131). The reason for this is that a great deal of our forestry work is performed in close connection with agriculture. Instead of expensive, specially-constructed tractors, the usefulness of which is restricted to a short working season, it is now usual to employ ordinary agricultural tractors with special equipment for operating in snow conditions. By this means, the tractors are in use both summer and winter. As the transport can take place on compact snowroads, which can be built cheaply on the open field, both the construction and maintenance costs can be kept low. This is an effective means of transport, which can be put into operation with the existing machinery in the country.

Planning and carrying out the investigation.

Every form of transport consists of a conveyance and a road. The purpose of the conveyance is to carry the load, and the progress along the road takes place with the help of a source of energy. During road transport, the sled is the conveyance, while the horse or the tractor represents the source of energy. The path along which they travel is the road. These three factors have an intimate transport-technical connection with each other. An alteration in one of them usually leads to alterations in the others.

The aim of the transport-technique is to render the transport as labour-saving, effective and cheap as possible. In this way, it is a link in the reduction of the total working expenses, so that the net yields of production can be increased. All three factors, i. e. the conveyance with its source of energy on the one hand, and the road on the other, are therefore of assistance in realising this aim. This also applies to the transport-economical calculations for which the transport-technical development forms the basis. Here, one must always choose the means of transport, or, in other words, the combination of conveyance, source of energy and road which will give forestry production the greatest net yield.

In this investigation I shall deal with that section of timber transport which occurs between the upper landing in the forest,

and the lower landing at the truck roadside, or other place of delivery. The investigation is limited to the driving of timber on winter roads with horse or wheeled tractor in ordinary forest terrain. Steep, downhill driving in very hilly country is not included in this report.

The aim of the investigation is to give a general transport-technical analysis of the conveyance and roads which are under consideration here, and to establish an appropriate driving technique under the variable conditions in Norwegian forests, climate and terrain. In addition, on the basis of detailed working investigations, I shall attempt to illustrate the variation in transport-capacity, according to forest, climate and terrain conditions.

The investigation can be divided into two main sections, i. e. method study and working studies.

By means of the study of methods, we tried to establish the correct transport technique for the different transport methods, as well as to compare the transport methods from a transport-technical angle. The study of methods took the form partly of practical experiments with the machines and tools under investigation and partly as a technical analysis of the various factors which influence the transport technique. By this means, we tried to reach the general conclusions which can be used for the appraisal also of other machines and tools than those which were the subject of the investigation.

The investigation was carried out partly with practical timber work on compact snowroads for horse or tractor, and partly on trial roads of compact snow. We measured the rolling resistance and slipping of the tractors, the friction coefficients between runners and snowtrack, and between the driving wheels and the road. For this purpose, we constructed special dynamometers for horse transport (fig. 19) and tractor transport (figs. 20, 21 and 89). We also took snow measurements and checked the alteration of snow conditions in the compact road covering. At intervals of two to three weeks, we investigated the conditions in the snow profiles on and outside the compact snowroads (fig. 26 and 27), in that we analysed the following conditions:

1. Air temperature and snow temperature (fig. 25).
2. Snow density, in that we took a snow sample by means of a thin-walled steel cylinder (fig. 28).

3. Breaking strength of the snow, measured with Proctor needle (fig. 29 and 31).
4. Diameter of snow crystals (fig. 30).
5. Description of snow crystals' development rate, size and compaction rate. This was done in accordance with a classification suggested by BUCHER 1948, with the exception that we introduced our own designation for hard-packed snow, and a term for wet, coarse and crumbled snow which forms on the road during the disintegration in springtime (see explanation of snow profile diagram, page 415).

After a comparatively short time, it proved that the surface of the compact snowroad became stabilised with a snow grain diameter of 1,5—2,5 mm, and a snow density of over 0,5 kg/dm³, and remained in this condition for practically the rest of the winter. The observed friction- and rolling resistance-conditions refer, therefore, to compact snowroad surfaces with these characteristics.

Two horses, with an average weight of 595 kg took part in the investigation. The following types of horse-sled were used:

Moelv twin-sled nr. 144 (Norwegian) (fig. 4).

VSA twin-sled (Swedish) (fig. 5).

Finnish twin-sled (Finnish) (fig. 6).

In addition, the following tractors were used:

Ferguson (80 mm bore) with tractor skis and Bombardier half-tracks.

Ferguson (85 mm bore) with tractor skis and Bombardier half-tracks (fig. 16).

David Brown with half-tracks and tractor skis (fig. 15).

Bolinder Munktell BM 35 with half-tracks (fig. 14).

MAN four-wheel driven tractor (fig. 12).

Unimog four-wheel driven tractor (fig. 13.)

The following sleds were used for tractor transport:

Moelv twin-sled no. 154 (fig. 8).

Sesam trailer-sled (fig. 7).

Falk twin-sled (fig. 17).

The investigated roads and trial roads were compacted by means of the tractors. The compaction was maintained by the

transport itself, while the road surface was kept even by means of levelling with horse- or tractor-drawn snow graders (fig. 9 and 11).

At the same time as, or immediately after the above-mentioned method studies were performed, we undertook working studies of horse- and tractor-transport. These included time studies of timber transport along the roads, as well as loading and unloading work. The time studies were taken with stopwatches, in accordance with the snap-back method, and the times for every operation included in the work were accurate to 1/100 of a minute. At the same time, a note was made on the time study form of the exact time of the beginning and the end of the study. By summarising all the time elements, it was possible to calculate the difference between the total time on the time study form and the sum of the time elements. If this difference was greater than $\pm 3\%$, the form was destroyed. However, the number of forms which it was necessary to destroy proved to be quite small. The majority of them had a discrepancy of less than 1%.

During the planning of the time studies for timber transport, the following definitions for area of work and division of time were used:

a) *Working process*. When the task is timber transport, it is necessary to carry out a certain working process, namely that of moving timber from the upper landing along the road to the lower landing. The total time which is required for this is called *service-time*. Service-time is, therefore, all that time during which machines, tools and workers are at the disposal of the employer.

b) *Working operation*. The working process consists of several working operations, which represent an agreed, isolated section of the total working time, and which, in accordance with its purpose, can be regarded as a separate task. Examples of working operations are snow-compacting, road-levelling, driving of timber along the road, loading, unloading, etc.

c) *Operation elements*. Every working operation consists of several operation elements, which are the smallest units of the work which were registered in this investigation. The time taken by an operation element is called a *time element*. Unloading, for example, is divided into the following operation elements: laying of skids, loosening of chains and stakes, manual unloading, etc.

On this basis, I have built up a complete survey of the division

of the time taken for transport into the various time elements. It will be seen from the tabular summary that the various working times or time elements can be grouped into main times, auxiliary times and lost time.

The time elements are partly fixed and partly variable. The division into fixed and variable times is, however, wholly dependent upon the unit being investigated. If the investigation is limited to a single working day, the transport of the tractor from the garage to the tractor road, for example, will be a fixed time. If the investigation includes the whole service time, this will be a variable time, which alters with the length of the working season.

I have therefore chosen to define working time in relation to the unit being investigated, as follows:

Quantitatively-variable times, which vary according to the quantity of work produced.

Quantitatively-fixed times, which are of a non-repetitive character in relation to the quantity of work produced within the space of time or the period to which the enquiry refers.

Periodicly-variable times, which vary according to the length of time taken by the investigation. These times are often independent of the quantity of work produced.

Periodicly-fixed times, which are independent of the length of time taken by the investigation, and independent of the amount produced.

On this basis, the time taken for transport is divided into time elements, as follows:

Main times, which are concerned directly with the removal of the work, and which are partly periodicly-variable (vary with the length of time taken for the work), and partly quantitatively-variable (vary with the amount of transported work).

Auxiliary times, which are concerned only indirectly with the removal of the work, although the removal is completely dependent on the operation elements which are performed during auxiliary times. These operation elements, therefore, assist indirectly the transport of the work. Certain auxiliary times are variable, in that they vary with the duration of the working time (periodicly-variable) or with the amount of work transported (quantitatively-variable). Other auxiliary times are of a nonrepetitive character, in that they are partly periodicly-fixed and partly quantitatively-fixed.

Lost times are concerned neither directly nor indirectly with the removal of the work. They have, therefore, a more or less restrictive effect on the transport of work, i. e. resting of horses, starting and warming up of engines, and maintenance of tractors and sleds. Lost times often appear at unequal intervals, and their duration is often influenced by other factors than those which are significant for the productive transport of the work, i. e. strength of material, construction of motor, etc. Some of them are necessary, others unnecessary.

When we regard the working season as a whole, the service time can be divided in one main time, *production time*, which embraces all that time taken by workers and machines during transport. Travelling to work time and preparation time are periodically-fixed auxiliary times, and shopping time and weather time are periodically-variable times.

This investigation is limited to *service time at working place*, which is the total working time over the sphere of work. It consists of *basic time*, which is concerned with productive work in the course of the working day, and *lost times*.

When the task is the transport of timber on snowroads, it is expedient to differentiate between the transport work itself, and the loading and unloading work.

Underway times are working times which are concerned with the actual transport along the road, or with the maintenance work which is occasioned by the transport, and which therefore belongs to the operational time for the transport.

Terminal times are concerned with the work at the upper and lower landings, including loading and unloading work. From the drawings, it will be seen how underway times and terminal times are split up into the various time elements, as well as how the time elements are grouped into main times, and quantitatively-fixed and quantitatively-variable auxiliary times.

The working studies refer to horse or tractor transport on the well-planned and maintained snow-compacted roads. At the loading and unloading places, there was ample turning-space for the conveyances. Where no special mention is made, loading is performed manually from good loading docks (fig. 135), and the unloading at good unloading places, where the ground is horizontal or with a slight downward slope from the road (fig. 140). Loading

and unloading is performed by one man in the case of horse-sleds, and by two men in the case of tractor-sleds.

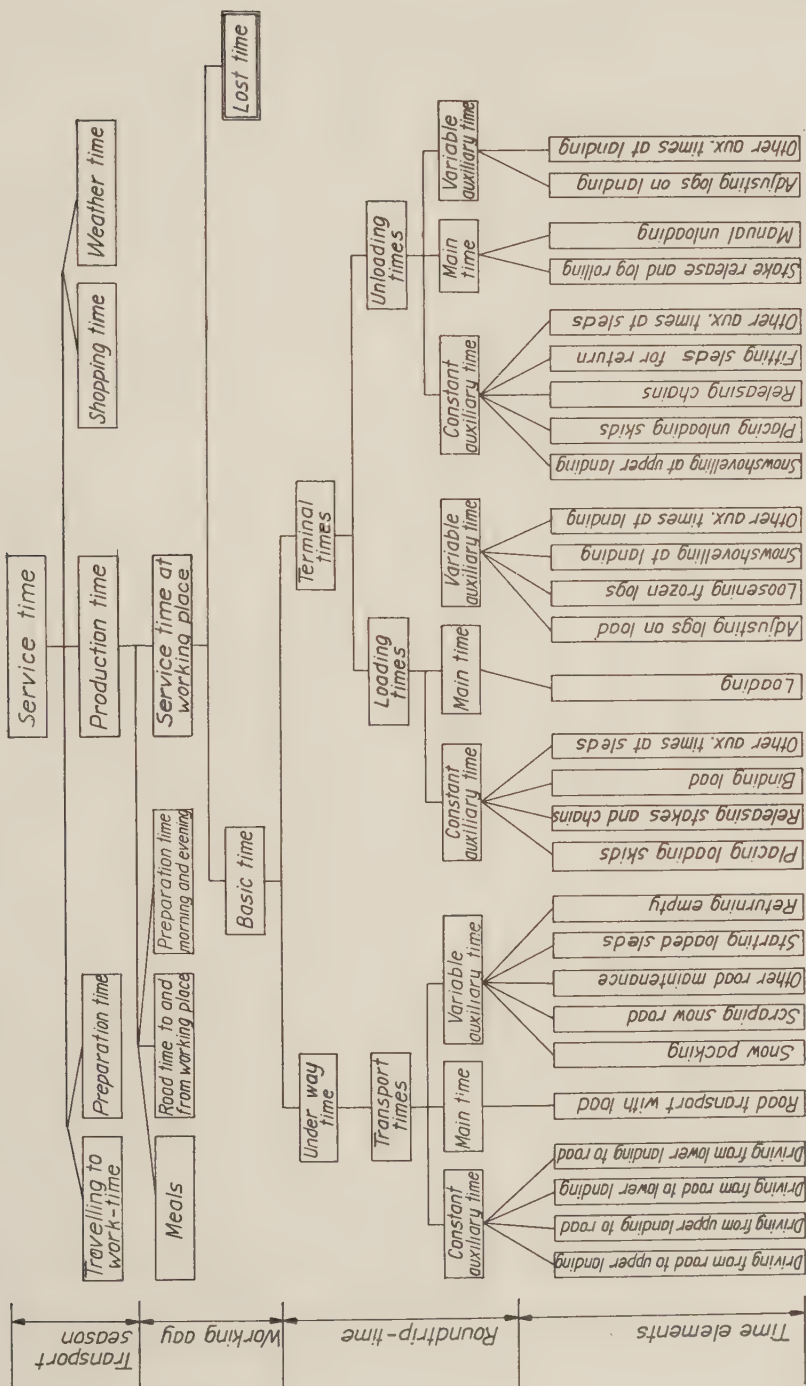
Field work began in the winter of 1948/1949, and was concluded in the winter of 1953/1954. During the first two years, we investigated the transport of timber on winter roads with horses, and the last four years were devoted to timber transport on winter roads with wheel-tractors.

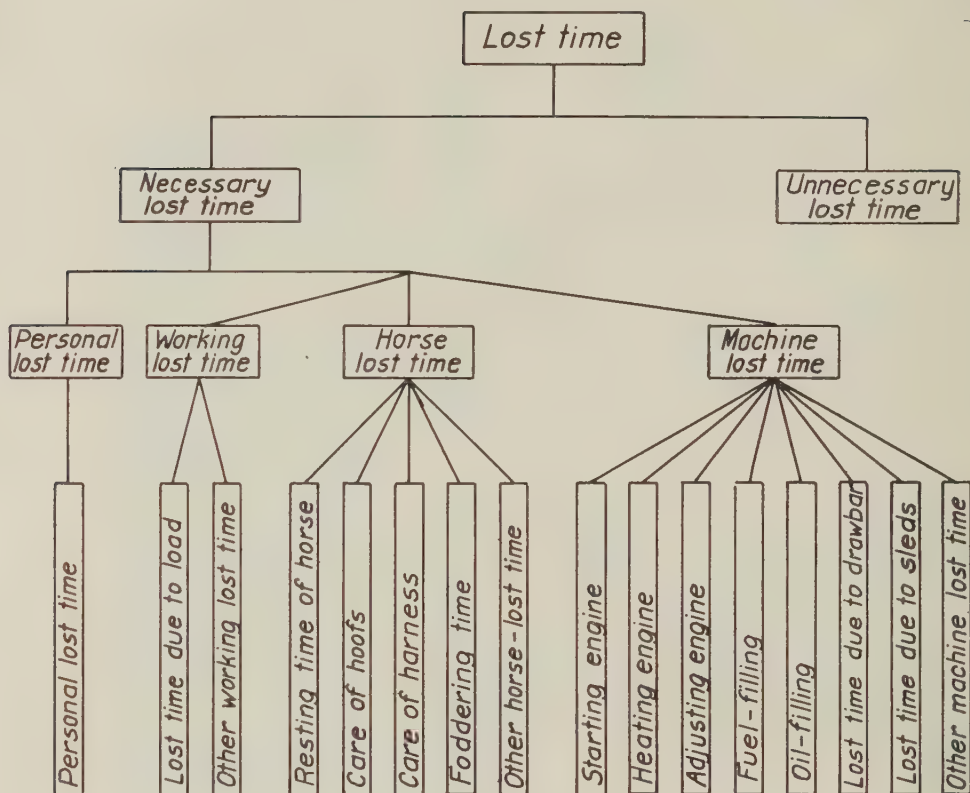
As mentioned, various makes of horse-sleds, tractor-sleds and tractors were used in these series of investigations. These were chosen to give the best possible general analysis of the types of construction or sizes of machine which are suitable for timber transport with horses or wheel-tractors on winter roads. The performances of the various machines or sleds in themselves is of minor interest. The investigation was not intended as a working trial or test of individual machines. It is the machine's construction or size compared with the other machines which is of interest. I have therefore aimed at arranging the investigations with a view to giving the best possible overall picture of this transport technique, so that the material can also serve for the appraisal of other machines or new constructions which may emerge.

Specifications of the investigated roads, sleds and tractors are given in the tables I—IV.

In the tables V—XIII, I have assembled data concerning the number of observations made. Altogether, the investigation embraces the following observations:

Number of time studies for timber transport with horse ...	1708
Number of time studies for timber transport with tractor ..	6564
Number of time studies for returning with tractor	5160
Number of force-measurements during timber transport	
with horse	5999
Number of force-measurements during timber transport	
with tractor	13397
Number of force-measurements returning with tractor	5663
Number of logs used in time study of loading work	6352
Number of friction measurements between driving wheel	
and road	1009
Number of rolling resistance measurements	2241





Treatment of material.

The material from both the method studies and the time studies was treated in the same way, in that I attempted to find the functional connection between the factors which could be thought to influence the result (the independent variables) and the result itself (the dependent variable). In the cases where this was not possible, the results are given in the form of graphic interpretations, or as averages. The latter is also the case where the quantitatively-fixed or periodically-fixed auxiliary times are concerned.

Where the collected numerical material was comparatively large, the notations from the field records were transferred to a punch-card index, and handled statistically by the Hollerith method. The procedure is described by SAMSET (1950). In the sections of

the investigation where the numerical material is comparatively small, the preparation was carried out manually with the assistance of calculating machines.

As the greater part of the material is numerically smoothed to find the type and value of the functions for which the investigation formed a basis in certain cases, an account is given here of the procedure followed. As an example, one of the problems embraced by the investigation can be cited, i. e. the friction coefficient during start between the runners and the firm and even snow-compacted road surface.

During the planning of the trial, which was based partly on the study of literature, and partly on investigation technique in the field, we formed an idea of the factors which could be thought to influence the result. The friction coefficient during start (fst) which was measured in kg per metric ton of the weight of the sled and the load ($^{\circ}/_{00}$) could, for instance, be thought to depend on:

Qd — weight of sled and load against the road in metric tons.

b — specific pressure of runners against road in kg/cm^2 .

t — snow temperature in $^{\circ}\text{C}$.

mi — time in 1/100 minutes for the pause of the sled before starting.

The friction coefficient during start could also be thought to be dependent upon the quality of steel used on the runners, but as we had chosen only one type of runner steel, namely that which is commonly used by our sled manufacturers, this factor could be excluded.

The friction coefficient during start could also be thought to be dependent upon the size of snow crystal in the road surface, as well as the density and bearing strength of the road surface. As the investigations were limited to a ready-compacted snow surface, which had become stabilised, it was shown by other sections of this investigation that the size of the snow crystals remained more or less constant at 1,5—2,5 mm diameter, and the snow density became stabilised at 0,5—0,6 kg/dm^3 . By ensuring that the snow surface on the trial road was kept within these limits, these factors also could be excluded. As, in addition, other sections of this investigation proved that there is a high correlation between

the bearing strength of the snow surface (measured with the Proctor needle) and the snow temperature in the ready-compacted and stabilised snow surface, it was possible to ignore this factor also.

On the other hand, it is probable that the humidity of the air in the voids between the snow particles in the upper part of the road surface, as well as in the air immediately over the road surface, play a certain part in the friction coefficient during start, because this is significant in the sublimation process of the snow. (QUER-VAIN 1945, and others). However, we shall see later that the sublimation plays a minor role in the friction coefficient during start than the snow temperature and the pressure between the runners and the snowroad. As we are not in possession of instruments to enable us to measure exactly the humidity of the air in the voids between the snow particles, and as this factor is of little expedience in practical use, we have chosen to hold it outside the investigation. The influence of the humidity of the air in the voids appears, therefore, as one of the reasons for the standard error of the smoothed function. The investigation was spread over an entire winter season (1953), and should therefore give a good, practical illustration of the usual winter conditions in a Norwegian forestry district.

We concluded by registering the following factors during the measurement of friction during start: Q_d , b , t and m_i . As early as in the field work, certain information regarding the functional connection between these factors and the friction coefficient during start was apparent, in that by following the course of the measurements, and describing them in journal form, we were able to judge the connection by means of our own observations. This was a good support for the later working-up of the material.

In order to obtain a closer knowledge of the type of function, the material was sorted with regard to each of the factors mentioned. Within each of the smallest groups of the assorted material, the average friction coefficient during start was calculated, and the average values co-ordinated for each two factors at a time, in that the remainder were kept constant by the average value of the factors in the material. By means of the above-mentioned designations, we therefore kept the average values of the factors Q_d and b constant in the material. The factor t was marked on the abscissa, and f_{st} on the ordinate, so that a curve was obtained

for each of the mean values for the factor m_i . A new diagram was then drawn, with m_i marked on the abscissa, and f_{st} on the ordinate, so that a curve was obtained for each of the mean values of factor t . In the same way, each of the factors m_i and t was held constant, while the variation of the friction coefficient during start for the remaining factors was investigated.

A study of the diagrams obtained in this way, together with the experience gained during the observations in the field, gave a good idea of which factors should be taken into account, and which types of function should be chosen for the subsequent numerical smoothing of the material. It appeared, even at this stage, that Q_d could be omitted from the working-up, because it had no influence on the friction coefficient during start, next to the factor b . This is more or less reasonable, because we are enabled partly to take Q_d (weight of load plus sled) into consideration, through the factor b (specific pressure of runners in kg/cm^2), and because the snow-compacted road surface was so hard that the runners did not break through. It appeared, further, that the friction coefficient during start increased very considerably when the duration of the halt lengthened from 0—3 minutes, but thereafter the increase in the friction coefficient during start lessened proportionately to the increased duration of the halt. There was, therefore, little difference in the friction coefficient during start after 30 minutes or 60 minutes halt. This indicated that we were confronted with a logarithmic type of function, and by marking the friction coefficient during start on the ordinate, and the duration of the halt on an abscissa with a logarithmic scale, it appeared that the curves were approximately linear.

We studied the diagrams drawn up, and came to the conclusion that the following types of function would cover the material, in that we included both quite obvious results, and results about which we were more in doubt:

$$f_{st} = b_2 \cdot m_i + b_3 \cdot \log m_i + b_4 \cdot t + b_5 \cdot t^2 + b_6 \cdot t \cdot \log m_i + b_7 \cdot b + a$$

Using the type of function as a basis, the material was smoothed by means of normal correlation analysis (EZEKIEL 1930). The function was smoothed in five alternatives, and on testing the functions we found which factors or independent variables must

be included in the ultimate function. Table XVI gives a survey of the smoothed functions. In deciding whether the individual regression coefficients were significant, we used the ordinary t-test (FISCHER and YATES 1949). It will be seen from alternative I in table XVI that the regression coefficient for m_i is not significant. The same applies to the factor t . (Alternatives I and II). As the previously-mentioned graphic interpretations showed that there was a tendency to curvilinear correlation between the friction coefficient during start and the snow temperature, we included the factor t^2 in alternative III. It is shown in table XVI that the standard error of regression coefficient was considerable, but as the factor $t \cdot \log m_i$ had at the same time a slight standard error, and as in addition these two factors are correlated with each other, I omitted the factor $t \cdot \log m_i$ in alternative IV. It proved then that the correlation coefficient (R) between the two observed and smoothed functions for the start friction coefficients, became substantially worse, at the same time that the standard error of estimate (S) increased. (Compare alternatives I—III with alternative IV). I therefore undertook a smoothing where the factor $t \cdot \log m_i$ was retained, and t^2 omitted. (Alternative V). This led to significant regression coefficients so far as all the independent variables were concerned, at the same time as we reached a correlation coefficient of $R = 0,7742$, between the smoothed and observed start-friction coefficients. The standard error of estimate was $S = 64,8$ or 23,25%. The resulting function is as follows:

$$fst = 37,38 \cdot \log m_i - 8,302 \cdot t \cdot \log m_i - 151,43 \cdot b + 216,5 \quad (A)$$

To ascertain how successful the smoothing is for this purpose, a method which is described by EZEKIEL (1930), EIDE and LANGSÆTER (1941), and others, was used. The formula A was split up, so that we could study the dependence of the start-friction coefficient on the factors m_i , t and b individually.

In the first place, we investigated in which way fst varied with m_i , when the factors t and b were kept constant by the material's mean values. By introducing these mean values into the smoothed function, the following formula was obtained:

$$fst = 61,538 \cdot \log m_i + 131,7$$

This function is seen to the left in fig. IV. This forms a straight line, because $\log m_i$ is marked on the abscissa. (The abscissa has a logarithmic scale).

For every observation in the material, f_{st} was calculated by means of the smoothed function (formula A), after which we found the difference between this value and the one observed. The material was then sorted in accordance with the duration of halt (m_i), after which we calculated the average difference within every m_i -class. These differences are identical with the material's deviation from the smoothed function. They were, therefore, marked in relation to the function to the left in fig. IV. In this way, we have obtained an illustration of how the material is distributed around the smoothed function as far as the factor m_i is concerned.

In the similar manner, we investigated how f_{st} varied with t , when m_i and b were kept constant with the material's mean values, and how it varied with b when m_i and t were kept constant. The result is seen in fig. IV. The testing of the function (table XVI), as well as fig. IV, show that the smoothing in this instance has been quite successful. They give no indication, however, as to how far the introduction of other combinations of the independent variables would give a function which covered the material even better. We have a certain measure of safety in that the type of function was not chosen haphazardly, but built up, as previously mentioned, upon a thorough advance study of the curves, based on averages of small groups.

In certain cases, it is possible that the smoothing would have been even better with the inclusion of other factors than those which were registered during the field work. As far as the start-friction coefficient is concerned, we have discussed the possibility of introducing air humidity in the voids in the snow surface. There is, however, a limit to the number of factors which ought to be included in an investigation such as this, in as much as we must always bear in mind the practical purpose of the investigation.

The treatment of the remaining functions covered by the investigation follow in principle the same lines which are shown in the case of the friction coefficient during start. In the group of tables, pages 658 to 686, I have given tabular surveys of the individual functions' most important trial smoothings, by the testing of the functions and their regression coefficients. In the figures

I—XVII, there is also given a number of graphic interpretations of the standard error of the material around the smoothed functions, in a similar manner to that shown in fig. IV during the discussion of the handling of the friction coefficient during start.

The results of the investigation are being produced in the form of tables or diagrams, or both if this seems to be necessary to elucidate the problems. The tables and diagrams are computed on the basis of the smoothed function.

In this work, I have used the following designations for the variable factors which appear in the investigation:

- Q = Total weight of the tractor in metric tons, taking into account possible weight of sled and timber on the drawhook.
- Qd = Weight of sled and load on the runners, in metric tons.
- B = Weight in metric tons on rear axle of tractor.
- Bt = Weight in metric tons of sled and timber on drawhook of tractor.
- b = Specific pressure of runners against road, in kg/cm².
- M³ = Size of load in m³.
- m³ = Size of logs in m³.
- l = Distance from upper landing to load in metres.
- h = Height, in metres, which logs have to be lifted from upper landing to load.
- T₁ = Drawing power in kg of horse or tractor.
- T₂ = Pressure of sled in kg on horse or tractor.
- Hk = Horsepower. 75 kg m/sec.
- Md = Torque in kg · m.
- n = Speed of motor in r.p.m.
- η = Efficiency of motor.
- t = Temperature in deg. C. (Here usually snow temperature).
- q = Density of snow in kg/dm³.
- bk = Breaking strength of snow at 5 cm insertion of 2,5 mm² Proctor needle, in kg/cm².
- +s = Rise of road in ‰.
- s = Fall of road in ‰.
- fg = Friction coefficient of runners in motion, in kg per metric ton of the weight on the runners (‰).
- fst = Friction coefficient of runners during start, in kg per metric ton of the weight on the runners (‰).

- f_f = Maximum friction coefficient at the driving wheels before slipping (mainly at approx. 30—60 % slipping) in kg per metric ton of the load on the rear axle ($^0/_{00}$).
 f_u = Friction coefficient at driving wheels during slipping (mainly at 100 % slipping) in kg per metric ton of the load on the rear axle ($^0/_{00}$).
 sl = Slipping coefficient at the driving wheels in % ($sl = \frac{100 f_u}{f_f}$)
 fr = Rolling resistance coefficient of the tractor in kg per metric ton of its total weight ($^0/_{00}$).
 v = Speed in metres per minute.
 V = Speed in km per hour.
 kj = Driving time in minutes per 100 metres.
 Ps = Number of times the tractor has driven in 2nd or 4th gear, shown as a percentage of the number of times it has driven in 3rd gear.
 mi = Time in 1/100 minutes.
 Mi = Time in minutes.
 $mi(på)$ = Loading time in 1/10 minutes per log.
 $Mi(på)$ = Loading time in minutes per load.
 $Mi(av)$ = Unloading time in minutes per load.
 $P(på)$ = % increase in loading time.
 $P(av)$ = % increase in unloading time.

CONCLUSIONS

1. *Snow.*

The snow which falls to the ground consists of more or less regular dendritic or star-shaped crystals, which are easy to discern in cold, calm weather. In mild weather, the growth of the crystals is usually more rapid, and they adhere to one another, so that they fall to the ground in the form of larger snowflakes. In cold weather with strong wind, the snow crystals are often destroyed when they collide with one another, and reach the ground as disintegrated small grains of snow. The same mechanical strain can occur when a strong wind sweeps over newly-fallen snow. The disintegrated powder-snow accumulates in leeward hollows, and forms a more or less lightly-packed snowdrift. The form in which the snow appears when it settles on the ground is, therefore,

greatly dependent on the conditions met by the snow crystals on their downward journey through the layers of the atmosphere.

2. *Transformation of the snow.*

As soon as the new snow has settled on the ground, a physical transformation, which is in the first place dependent on the temperature and humidity, begins. One can differentiate between:

- a. Sublimation metamorphosis.
- b. Melting metamorphosis.

In cold weather, the physical transformation appears principally in the form of a sublimation metamorphosis. The ice molecules migrate from the corners of the snow crystals, and transplant themselves in the hollows, because the saturated vapour pressure of the air in the voids is greatest around the corners and points of the crystals. This results in the grains of snow eventually assuming a rounded shape, in the form of a fine-grained snow with a grain diameter of 0,5—1 mm. The transformation occurs quickest at a snow temperature from 0°C to $\div 5^{\circ}\text{C}$., but proceeds very slowly if it is colder than $\div 8^{\circ}\text{C}$. The smaller the diameter of the snow grains, the more loosely are the ice-molecules fastened to them, consequently they will migrate from the small grains and attach themselves to the larger ones. Eventually, therefore, a coarse-grained snow is formed, with a grain diameter of 1,5—2,5 mm.

It will be seen from fig. 34 that the saturation pressure of the vapour varies with the temperature. With extreme changes in the temperature, therefore, transformation takes place quickly, even in cold weather. When the temperature rises during the day, the connection between the snow grains loosens and the snow surface settles because of its own weight. During the night, the temperature sinks, which results in the snow grains freezing closer together again.

In cold weather, the temperature is usually higher near the ground, and colder towards the surface of the snow. The warm air penetrates upwards through the layers of snow, and the saturation pressure lessens as the temperature is reduced, so that the ice-molecules migrate from the voids and attach themselves to the snow crystals. In a coarsely-grained snow, therefore, one finds a new crystal formation, in that granular or prismatic-formed crystals take

shape (depth hoar). This happens usually in the snow layers nearest the ground, and the result is a sugar-like snow lacking in cohesive strength.

If the snow temperature is 0°C ., the snow grains on the surface will melt and assume a rounded shape. This melting metamorphosis occurs very quickly. In new snow, the voids fill rapidly with water, especially when compressed, and the grains are held closely together by reason of the capillary action (wettish, clot snow). In older, coarse-grained snow, the melting metamorphosis leads to still further rounding-off of the grains, and can undermine the prismatic crystals which are formed by the sublimation metamorphosis nearest the ground.

After strong sunshine or rain showers of short duration followed by frost, the melt water will form a lattice-work of ice between the grains of snow. We then find crusted snow.

In accordance with the stages of development reached by the physical transformation of the snow, we can differentiate between the following types of snow:

- | | |
|------------------|-----------------------------------------------|
| <i>New snow:</i> | Powder snow (dry, new snow). |
| | Clot snow (wet, new snow) |
| | Drift snow (windblown new snow). |
| <i>Old snow:</i> | Fine-grained snow (grain size up to 1,5 mm). |
| | Coarse-grained snow (grain size over 1,5 mm). |
| | Depth hoar (granules or prisms). |
| | Crust snow. |

3. *Snow-compacted road.*

When snow is used to form a road, the physical process of transformation must be exploited in order to obtain a firm and even driving surface. The snow is compressed by mechanical means, so that the air is forced out and the grains of snow lie closer to one another. In this way, the surface is made less insulating, and reacts more easily to the changes of the air temperature. This results in a quicker transformation, so that the size of the snow granules is increased, and their freezing together facilitated. Even if the ground outside the road is not frozen, under the road itself there will be a crust of frozen earth (fig. 46—55). After compression, the road is usually uneven (fig. 56 and 57). The road ought, there-

fore, to be levelled (fig. 58). In this way, the loose and uneven lumps of snow are removed from the surface, and transferred to hollows in the road. As these loose pieces of snow have an insulating effect, the road will be more susceptible to the variations in the air temperature after levelling. Cold grains of snow are mixed with warmer ones further under the surface, and at the same time coarse and fine grains of snow are mixed together. Both of these factors contribute to hasten the sublimation metamorphosis in the road surface. The levelling should be done in the evening, in order to take advantage of the hardening effect of the night frost. Only one levelling should be done at a time, so as not to destroy the composition of colder and warmer snow grains. Levelling has, therefore, a dual purpose — partly to level the surface, and partly to help to accelerate the physical transformation process in the surface. In due course, therefore, an even and solid roadway is obtained, with a density of 0,5—0,6 kg/dm³, and with a snow grain size of 1,5—2,5 mm.

In accordance with the method of compaction, one can differentiate between:

- a. Compact snowroad.
- b. Surface-packed snowroad.

If compaction is begun soon after 30—50 cm new snow has fallen, a dependable road surface is achieved, which has great density and breaking strength right through to the ground. Such a compacted snow surface gives a substantial bearing power, with great durability (fig. 59). The thickness of the road surface varies usually from approx. 30—60 cm, and under the surface a frozen layer is usually formed. It is, therefore, sufficient to put in comparatively little work on the construction of snow compacted roads on the open field, in that irregularities of up to 25—30 cm over or under the surface of the ground can be tolerated. The compact snowroad has great resistance towards disintegration in springtime (fig. 46, 49, 50, 51, 52, 54 and 55).

The surface-packed snowroad can be constructed by two methods. If compaction is begun too late, in deep, coarse-grained snow, the snow will become compressed on the surface. The density, as well as the breaking strength decreases towards the ground (fig. 48 and 60). If a compact road lies without transport or other

means of compaction for any length of time, the formation of depth hoar can take place by reason of the sublimation metamorphosis nearest to the ground. Such a road has much in common with a surface-packed snowroad (fig. 47). The surface-packed snowroad can give a good track on cold winter days. In mild weather, however, this type of road collapses quickly. It is, consequently, less durable in the spring.

4. *Snow compaction.*

If the most suitable equipment is chosen, and the work is planned correctly, the snow compaction can be accomplished by transport tractors. The best results are achieved by using half-tracks and tractor skis on ordinary agricultural tractors. The area of the half-track which comes into contact with the ground should be adjusted so that the specific pressure is 0,10—0,15 kg/cm². Of the tractors examined, the best in loose snow was found to be Ferguson (fig. 43 and 44). It is possible, usually, to drive this tractor without difficulty in 50 cm deep new snow, up slopes of 100—120°₀₀. Next in efficiency is Bolinder Munktel, with David Brown in the third place. The four-wheel-driven MAN tractor with twin wheels was about equal in performance with the David Brown tractor with half-tracks. The Unimog tractor, on the other hand, was very difficult to handle in loose snow, on account of the small wheels.

In compaction work, the half-track tractors leave a more even snow-track after them than the four-wheel-driven tractors with twin wheels, and keep the surface more level during transport.

The construction of the half-track is of great importance. We obtained the best results with half-tracks which had 2" wide *bearing shoes*, which were approximately 4" apart. The bearing shoes should be rounded off on the inner sides, so that snow does not build up in the half-tracks. The half-tracks should be fitted with scoop-shaped *gripping shoes*, at a distance of 40—50 cm apart (fig. 39 and 42).

New snow with a temperature of — 3 to — 5°C. gives the most difficult driving conditions. In such conditions, unsuitable types of half-track construction, e. g. David Brown (fig. 40) and Bolinder Munktel (fig. 41) easily become clogged with snow, so that their gripping capacity deteriorates.

None of the tractors mentioned are special machines which can

be driven in any kind of snow. However, by beginning compaction work before more than approximately 50 cm snow has fallen, and continuing the driving during heavier falls of snow throughout the winter, one can achieve a track which gives a foundation for effective transport, in that the tractor itself compacts and maintains its own road.

If possible, snow compaction should be begun at the termination of a period of low pressure, so that the subsequent fall in temperature can be exploited in the hardening of the road. During periods of constant temperature and fine-grained snow, the snow has difficulty in freezing together in the surface of the road, especially if there is little variation between the day and night temperatures. Under such conditions, it is very important to use half-tracks with scoop-shaped gripping shoes. Small loads should be driven, so that the road is not destroyed by slipping. The size of the load can be increased progressively as the road hardens. One levelling trip each evening will accelerate hardening.

5. *Runner friction during motion.*

On a finished compacted snowroad, the friction coefficient of the runners varies with the snow temperature and the specific pressure of the runners against the ground. The speed, on the other hand, has no influence within the limits of 4—18 km/h.

$$fg = +4,08 \cdot t + 0,88 \cdot t^2 + 6,04 \cdot t \cdot b - 159,5 \cdot b + 95,8 \cdot b^2 + 110$$

(see table XV and fig. II and III).

The friction coefficients are given in table I and fig. 72. Minimum friction coefficient is 17 kg/metric ton at a snow temperature of $-5,8^{\circ}\text{C}$. (table 2), and with a specific runner pressure of 1,04 kg/cm² (table 3). When the snow temperature varies from -2 to -10°C ., the friction coefficient of the runners usually varies from approx. 20 to approx. 40 kg/metric ton.

6. *Runner friction on starting.*

The friction coefficient of the runners during start varies with the snow temperature, the specific pressure of the runners, and the duration of the halt before the runners are in motion again.

$$fst = +37,38 \cdot \log mi - 8,30 \cdot t \cdot \log mi - 151,42 \cdot b + 215$$

(see table XVI and fig. IV).

The size of the coefficient is seen from table 4 and fig. 73, 74 and 75. The friction coefficient during start increases very rapidly according to the duration of the halt before the sled resumes its progress. When the sled has stood still for 5—10 minutes, however, the increase is comparatively small. One sees that it needs more than ten times as much pull to restart a sled after a halt of five minutes, than to keep it in motion on a horizontal snow-compacted road.

7. *Rolling resistance of tractor.*

The rolling resistance coefficient of the tractor increases with the speed in accordance with the formula $fr = a - b_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{v}}$ (see table XVII and fig. 76 and 77). For the majority of tractors, there is a clear tendency to decreasing rolling resistance coefficient when the weight of the tractor is increased. On the other hand, for the rear-wheel driven tractors, without half-tracks, the rolling resistance coefficient increases in proportion to the tractor's weight (see tables XVIII, XIX and XX, also fig. V, VI, VII and VIII). From table 6, one sees that the rolling resistance coefficient is usually significantly larger than 40 kg/metric ton. The rolling resistance coefficient is greater than the friction coefficient of the runners while driving on a firm, compact snowroad. It is, therefore, an advantage to use a sled with runners rather than one with wheels. In addition, as little of the weight of the timber as possible should be transferred to the tractor. One should, however, transfer sufficient weight to the tractor to give it adequate gripping power. A twinsled with a loaded drawbar (Moelv twin-sled I no. 154) is, therefore, more suitable than a semi-trailer (Sesam trailer-sled).

8. *Slipping and friction of the tractor.*

The drawing power which can be yielded by the tractor is limited by the fact that the driving wheels or half-tracks slip against the road. The greater the resistance force, the more the half-tracks slip. On a firm, snow-compacted road, the greatest drawing power or the greatest friction coefficient between road and driving wheel is attained at 30 to 60 % slipping. At 100 % slipping the drawing power is usually somewhat less. The tractor then stands still with spinning wheels. The relation between the friction

coefficient at 100 % slipping (f_u) and 30—60 % slipping (f_i) is called slipping coefficient. For the half-tracks tractors, the friction coefficient between tracks and road decreases in accordance with the load on the half-tracks against the road. With falling temperature, the friction coefficient increases to a certain maximum, whereafter it decreases again.

Ferguson with standard shoes (fig. 39):

$$f_i = -2,23 \cdot t^2 - 11,2 \cdot t \cdot B - 218,7 \cdot B + 1109$$

$$f_u = -5,58 \cdot t^2 - 34,8 \cdot t \cdot B - 310,5 \cdot B + 1063$$

Ferguson with gripping shoes (fig. 42):

$$f_i = -1,84 \cdot t^2 - 17,5 \cdot t \cdot B - 492,4 \cdot B + 1580$$

$$f_u = -3,13 \cdot t^2 - 21,8 \cdot t \cdot B - 430,1 \cdot B + 1360$$

David Brown (fig. 40):

$$f_i = -3,12 \cdot t^2 - 11,9 \cdot t \cdot B - 91,0 \cdot B + 998$$

$$f_u = -2,69 \cdot t^2 - 11,7 \cdot t \cdot B - 112,7 \cdot B + 980$$

(see table XXI and fig. IX).

The variation of the friction coefficients according to the half-track load and snow temperature appears in fig. 92 to 97 and in table 7.

The friction coefficient for wheels with various tyre patterns and different chains was also investigated (see fig. 38, 90 and 91). The result is seen in fig. 99—104, as well as in table 10.

It will be seen from the above-mentioned tables and figures that when the tractor is equipped with rubber tyres, the friction coefficient during 100 % slipping between the driving wheel and the snow-compacted road varies, usually from 200 to 300 kg per metric ton, in that the slipping coefficient is usually from 40 to 70 %. If the tractor is equipped with horseshoe chains or suitable half-tracks with gripping shoes, however, the friction coefficient is usually greater than 600 kg per metric ton of the load on the half-tracks. In this case, the slipping coefficient is from 80 to 90 %. This means that the load on the driving wheels should be approximately 81 kg per hp, which corresponds to a half-track load of approximately 2,3 tons (metric) for a tractor with a 28 hp motor. This loading is best attained with a twin-sled with a loaded draw-bar, (e. g. Moelv twin-sled no. 154).

When the tractor is equipped with four-wheel drive, the drawing power is greater than if it only had rear-wheel drive. With 1000 kg loading on the drawing hook of the MAN tractor, the drawing power is increased by 20 %, when the tractor has single wheels without chains. If the MAN tractor has twin wheels at the rear, the increase in the drawing power is 17 %, and if the rear wheels are equipped with horseshoe chains there is only a 4 % increase in the drawing power. The comparatively low increase in drawing power is due first and foremost to the fact that the drawing hook is mounted behind the rear axle. On the Unimog tractor, the drawing hook is connected in front of the rear axle (fig. 13). By using four-wheel drive instead of rear-wheel drive, one achieves in this instance an increase in drawing power of 30 % with single wheels, and 24 % when the wheels have short-link chain. This assumes 1000 kg loading on the drawing hook (see fig. 108 and 109).

9. *Efficiency of the tractor.*

The efficiency is investigated for Ferguson with half-tracks on compact snowroads. It varies, amongst other things, with the drawing power (fig. 111). With a motor speed of 1408 r.p.m., the maximum efficiency varies from 65 — 74 %, and the higher the gear used, the greater the percentage. From fig. 112 and table 11, it will be seen that we achieved the greatest efficiency with a half-track load of 2,11 tons.

During driving on an undulating road, maximum efficiency is achieved only on certain uphill stretches and on the level. The utilised efficiency is usually less than maximum efficiency, because the driver does not use the motor at its optimum number of r.p.m., and because power is lost while changing from one gear to another (fig. 113 and 114, also table 18). In addition, gear changing usually takes place at a lower speed than that which corresponds to the greatest possible efficiency (compare fig. 114 and table 19).

From points 7, 8 and 9, it will be seen that if, for example, a Ferguson tractor with half-tracks is used, the drawing hook should be loaded with approximately 1,1 ton from the sled. If a Moelv twin-sled no. 154 is used, and the friction coefficient between the runners and the compact snowroad is 35 kg/metric ton, this timber load corresponds to 9,9 m³/load, when the steepest uphill stretch

is 50 ‰ (1:20) and to 7,8 m³/load if the steepest uphill stretch is 67 ‰ (1:15). This assumes a timber density of 0,8 metric tons per cubic metre.

10. *The horse's drawing power.*

The average drawing power of the two horses in the course of the working seasons 1948/49 and 1949/50 was 135 kg. This corresponds to 23 ‰ of the weight of the horses, and 41 ‰ of their maximum drawing power (in accordance with TERHOS' investigation 1942). With a timber density of 0,8 metric ton/m³ and a runner friction coefficient of 35 kg per metric ton, this drawing power corresponds to a load size of 4,6 m³ on a horizontal road. The size of the load is considerably reduced if there are uphill stretches along the road (see table 13).

11. *Underway times with horse transport.*

The underway times for horse transport are represented by the time for driving with load, returning with empty sled and turning round at upper and lower landing. The effective driving time during the transporting of the load varies little with the resistance force (see table XXVI and table 14, also fig. 118, 119 and 120). During effective driving, the speed was approximately 6 km/hour. Stops were made at regular intervals, to enable the horse to rest, and the greater the resistance force, the longer is the period taken for resting. If we take the resting periods into consideration, the average driving speed varies from 2,9 km/hour to 6,4 km/hour, when the resistance force varies from 240 kg to 30 kg. This refers to driving with the VSA twin-sled. If other sleds are used, the speed is lower. During transport, the horse develops a utilisable effect of approximately 2 hp, by using the VSA twin-sled. When the horse draws the other sleds, the utilisable effect is considerable less (see table 15). The VSA twin-sled is, therefore, the only one of those investigated which is suitably constructed.

During the return journey with the empty sled, the average driving speed, including rests, is 4,76 km/hour. The times for driving in and out at the upper and lower landings were, on an average, 4,05 minutes. By adding the lost time to the abovementioned underway times, we arrive at the service time at working place. The lost times represent, on an average, 20,3 ‰ of the underway times.

12. *Underway times with tractor transport.*

Fig. 132 and 133 show the variation of the driving speed with the size of load, snow temperature and the gradient of the road during timber transport with Ferguson, MAN and Unimog tractors (see table XVII, fig. X and formulæ 32, 33 and 34, page 554). It is of particular interest to notice that the Ferguson tractor with half-tracks and tractor skis has a greater driving speed on steep downhill roads than the two wheeled tractors. The reason for this is, in the first place, that the tractor skis permit a more controlled steering than front-wheels when driving on steep and winging downhill roads (fig. 134).

During tractor transport, the speed varies with the resistance force and the load on the drawhook.

Ferguson (80 mm bore):

$$V = 0,0179 \cdot T_1 + 22,47 \cdot Bt - 11,34 \cdot Bt^2 - 0,0089 \cdot Bt \cdot T_1 - 1,0$$

Ferguson (85 mm bore):

$$V = -0,0177 \cdot T_1 + 5,07 \cdot Bt - 3,32 \cdot Bt^2 + 0,0044 \cdot Bt \cdot T_1 - 14,2$$

David Brown:

$$V = -0,0022 \cdot T_1 - 12,62 \cdot Bt + 20,3$$

Bolinder Munktell:

$$V = -0,0026 \cdot T_1 - 0,0024 \cdot Bt \cdot T_1 + 12,9$$

MAN:

$$V = -0,0177 \cdot T_1 - 2,55 \cdot Bt^2 + 0,0059 \cdot Bt \cdot T_1 + 18,8$$

In addition, the speed varies with the load on the drawhook and the pressure when the sled pushes against the tractor on downhill roads.

Ferguson (85 mm bore):

$$V = -4,80 \cdot Bt - 0,0012 \cdot Bt \cdot T_2 + 22,2$$

Bolinder Munktell:

$$V = 0,0093 \cdot T_2 - 0,0092 \cdot Bt \cdot T_2 + 16,0$$

MAN:

$$V = -0,0024 \cdot T_2 - 3,72 \cdot Bt + 19,6$$

(See tables XXVIII and XXIX, also fig. XI, XII and XIII).

Table 17 shows the result of the investigation. On a horizontal road, or driving uphill, the lightest of the tractors, i. e. the Ferguson

has the greatest driving speed when the drawhook is loaded from the timber load with approximately 1 metric ton. This tractor weights 49 kg per hp, and must be loaded so that the half-tracks shall not slip too much during driving. A tractor such as the Bolinder Munktell is so heavy in itself that there is little slipping even with an unloaded tractor. This tractor weighs 99 kg per hp. In this case, the greatest driving speed is obtained with a comparatively small load on the drawhook. From table 17, it will be seen that on smooth uphill roads with little resistance force, and on downhill roads, the greatest driving speed is attained with the Ferguson tractor, particularly by reason of the appropriate half-track construction, tractor skis and distribution of weight. On steep uphill roads, on the other hand, the best performance is obtained with heavier tractors, as for example MAN and Bolinder Munktell, as these are equipped with more powerful motors.

We also investigated the speed of the tractor when returning with an empty sled. (See table XXXII and fig. XV). Table 20 shows the result of the investigation, and one sees that the greatest driving speed is attained with Ferguson, because this is the lightest of the tractors which were used. This means that comparatively little deadweight is carried during the return trip. When one regards the problem from a transport-technical point of view, the conclusion must be that if the road has comparatively gentle uphill slopes and steep downhill slopes on the loaded journey, a light tractor should be chosen, such as Ferguson. If, on the other hand, there are steep uphill gradients on this journey, a heavier and more powerful tractor should be chosen, as for example, MAN or Bolinder Munktell. The driving speeds to be expected are shown in tables 17 and 20.

The average time for driving to and from the upper and lower landings was 3,98 minutes.

When the lost times are added to the above-mentioned underway times, the share represented by the underway times in the service time at working place is obtained. The average lost times were 13,4 % driving with the Sesam trailer-sled, and 15,0 % with the Moelv twin-sled no. 154.

13. *Loading.*

The loading of the tractor sled was performed by two men from a loading dock (fig. 135). The basic time for loading (in minutes

per load) varied with the height which the logs had to be lifted between the dock and the load, the distance from the load to the upper landing, dimension of logs and size of load.

$$\begin{aligned} \text{Mi(på)} = & 0,02055 \cdot \frac{1 \cdot M^3}{m^3} + 0,09888 \cdot \frac{h \cdot M^3}{m^3} + 0,09939 \cdot \frac{M^3}{m^3} \\ & + 0,10295 \cdot 1 \cdot M^3 - 0,29792 \cdot h \cdot M^3 + 1,31068 \cdot M^3 + 11,06 \end{aligned}$$

The correlation between the observed and smoothed times is $R = 0,9235$, and the standard error of estimate is $S = 3,45$ minutes, or 14,26%. All regression coefficients are significant.

The result of the investigation is seen in table 24, with the appendix tables 25, 26 and 27. This refers to loading on Moelv twin-sled no. 154. By adding the lost times to the above-mentioned basic times, we arrive at the share represented by the loading in the service time at working place. The lost time represented 6,70 % of the basic time.

The dimension of the logs proved to have especially great significance for the loading time. As an example, it can be mentioned that when the average height to be lifted is 0,5 metres, and the distance from the upper landing to the load is 4 metres, the service time at working place during loading is as follows:

m ³ /load	m ³ /log	
	0,1	0,2
4	28 min/load	23 min/load
6	37 «	29 «
8	45 «	35 «

During horse transport, the loading is performed by one man. The conditions at the upper landings were comparable with the above-mentioned upper landings. It was found that loading took longer for one man with a horse-sled than for two men with a tractor-sled (see table 29). One must, however, reach a log dimension of 0,15 to 0,20 m³ before the loading takes twice as long, or, in other words, the performance per man is the same.

These results are derived from well-planned upper landings. With irrational upper landings and loading of timber in whole lengths, the performance is significantly lower (see fig. 137).

14. *Unloading.*

The lower landings which were utilised in the investigation were well planned. They lay on horizontal fields or gentle slopes on the lower side of the road. During tractor transport the work was performed by two men.

The basic time for unloading varied in accordance with the formula:

$$Mi(av) = 2,5206 \cdot M^3 \div 0,1507 \cdot (M^3)^2 + 3,65$$

The correlation between the observed and smoothed times was $R = 0,6665$, and the standard error of estimate was $S = 26,88 \%$. The regression coefficients were significant.

Table 31 shows the result of the investigation. It is seen that the average basic time during unloading was:

2 m ³ /load	.....	8,1 minutes/load
4 »	.....	11,3 »
6 »	.....	13,4 »
8 »	.....	14,2 »

The lost times represented an average of 6,70 % of the basic times. By adding the lost times to the basic times, we arrive at the share of the service time at working place represented by the unloading time.

During horse transport, the lower landings were of the same quality as for tractor transport. The unloading, however, was performed by one man for each sled. The time studies showed that the basic time during the unloading of the VSA sled varies with the size of the load in the following manner (see table 32):

2,0 m ³ /load	.....	11,4 minutes/load
3,0 »	.....	15,3 »
4,0 »	.....	16,3 »

To arrive at the service time at working place, the lost times must be added. These represented on an average 6,32 % of the basic time during unloading of the horse sleds.

Both the loading and unloading investigations demonstrated that it is necessary to equip the sleds with releasable loading stakes. Otherwise, it is difficult to achieve a sufficiently large load (fig. 139). Also, if the sleds are not equipped with suitable stakes, the performance during loading and unloading will be considerably lower than that which is mentioned above.

15. *Distance limits for horse transport vis-à-vis tractor transport.*

With the help of the results which are accounted for in the investigation, one can determine the optimum size of load for transport by horse or tractor on compact snowroads. The results from the time studies can indicate the performances which may be expected under given conditions. In this way, the transport costs can be worked out. On pages 587 to 594, there is given an example of such an estimate. This example also includes a costing calculation which shows that a Ferguson tractor with equipment and two men costs 17.35 N. kr. per hour, while a horse with equipment and one man costs 5.97 N. kr. per hour.

As the performance varies with the transport conditions, the transport costs will vary in keeping with these. As a rule, however, horse transport will be the most economical on short roads, and tractor transport on longer roads. As the transport costs vary with the conditions, so will the distance limit vary, or the distance over which it pays to use a tractor instead of a horse. In the example mentioned, the distance limit is found for a number of types of road, in that we assume the road has no inconvenient downhill stretches. If there are no uphill stretches along the road, the distance limit varies from 1.8 to 2.5 km, if the log dimension varies from 0.2 to 0.1 m³ per log. On the other hand, if the road has uphill stretches with gradients of 50 ‰ (1:20), the distance limit varies from 0.2 to 1.1 km.

LITTERATUR

- AGER, H:SON, B. 1955: Den snöpackade vägen. II Väderlekens betydelse. Medd. nr. 54 från SDA. Stockholm.
- ANDERSSON, G. och LUNDBERG, E. 1931: Undersökningar rörande bromslängden för bilar vid olika väglag. Medd. nr. 35 från Svenska Väg-institutet, Stockholm.
- BADER, HENRI, 1939: Mineralogische und strukturelle Charakterisierung des Schnees und seiner Metamorphose. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Kommissionsverlag Kümmerly und Frey. Bern.
- BASTIN, L. G. 1940: Combination horse and tractor logging. Canadian Pulp and Paper Association, Woodlands Section. Index No. 587 Montreal.
- BENNETTER, RÅLF E., 1935: Bremsing og måling av bremseeffekt. Medd. nr. 8 fra Veidirektøren, Oslo.
- BERGLUND, NILS, och KARLSON, BROR, 1955: En undersökning över Traktordrift på mindre gårdar. Jordbrukstekniska Institutet. Medd. nr. 260 Ultuna.
- BERGLUND, NILS och SVENSSON, KARL-ÅKE, 1953: Traktorboken. LTS Förlag. Stockholm.
- BERING, KJELL, 1955: Diesel- eller bensintraktor. Norsk Skogbruk nr. 4 Oslo.
- BILLWILER, O., 1918: Der Wasseraustausch zwischen der Luft einerseits und Schnee und Eis andererseits im Gebirge. Annalen d. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt. Zürich.
- BOCK, G., 1953: Luftreifen und Radbewehrung. Landtechnik, Heft 14. München.
- BOWDEN, P., 1940: The polishing of solids and the mechanism of sliding on ice and snow. Proc. of the Society of Chemical Industry of Victoria.
- BOCKHORN, K. H., 1954: Versuche zur Feststellung der Brauchbarkeit verschiedener Schleppertypen. Landtechnik. Heft 23—24. München.
- BRODY, S. and CUNNINGHAM, R., 1936: Comparison between efficiency of horse, man and motor. Missouri Agricultural Experiment Station, Res. Bull. 244 Missouri.
- BRODY, S. and TROWBRIDGE, E. A., 1937: Efficiency of horses, men and motors. Missouri Agricultural Experiment Station. Res. Bull. 383. Missouri.
- BROWN LEE DAVIDSON, J., 1946: Farm Power, Agricultural Engineering, Volume 27. Michigan.

- BRUDAL, HOLGER, 1931: Rifledannelse på grusveier. Medd. nr. 6 fra Veidirektøren, Oslo.
- 1930: Rifledannelse på grusveier. Medd. nr. 9 og 11 fra Veidirektøren, Oslo.
- BRÅTEN, HARRY, 1954: Studiereise til Finnland. Skogbrukeren nr. 2. Oslo.
- BUGGE, SVEN, 1945: Beltetraktoren og dens anvendelse i skogbruket. Tidsskrift for Skogbruk, nr. 3—4. Oslo
- BUCHER, E., 1948: Beitrag zu den theoretischen Grundlagen des Lavinenerbaues. Buchdruckerei Davos AG. Davos.
- BØHLE, BERNT, 1944: Tømmerkjøring i Drangedal. Tidsskrift for Skogbruk, nr. 1—2. Oslo.
- CHRISTIANSEN, INGVALD, 1945: Studier over kurveradiens størrelse i vejjes plane figur. Dansk Vejtidsskrift nr. 8. København.
- DANA, HOMER, J., and CARPENTER, H. V. 1927: Rhythmic corrugations in highways. The State College of Washington. Monthly Bulletin, Vol. 19. Pullman Washington.
- DANA, HOMER, J. 1929: Rhythmic corrugation in highways. The State College of Washington. Monthly Bulletin, Vol. 12. Pullman Washington.
- 1930: Rhythmic corrugation in highways. The State College of Washington, Monthly Bulletin, Vol. 13. Pullman, Washington.
- DORSEY, E. N., 1940: Properties of ordinary water substance.
- ELFMAN, N. O., 1948: Några skogsarbetstekniskt betydelsefulla drag hos vinterklimatet i Norrland och Dalarna. Medd. nr. 31 från SDA. Stockholm.
- ERIKSON, K., 1947: Prestationsprövning av draghestar. Svensk Jordbruksforskning, Årbok 1947, Stockholm.
- ERIKSSON, RUNE, 1949: Medens friktion mot snö och is. Medd. från SDA, nr. 34—35. Stockholm.
- 1952: Vägbanan ur transportsynpunkt. Medd. nr. 45 från SDA. Stockholm.
- 1954: Den snöpackade vägen. I Snöens egenskaper. Medd. nr. 52 från SDA. Stockholm.
- EUGSTER, H. P., 1952: Beitrag zu einer Gefügeanalyse des Schnees. Kommissionsverlag Kummerly & Frey, Bern.
- EVJEN, SIGURD, 1938: Hvordan et værvarsel blir til. J. W. Cappelens Forlag. Oslo.
- EZEKIEL, MORDECAI, 1930: Methods of correlation analysis. New York.
- FISCHER, A. and YATES, FRANK, 1949: Statistical Tables. London.
- FRISCHER-SCHLEMM, W. E. und KREPPEL, W., 1950: Die Bremsen der Ackerschlepper und ihre Anhänger. Landtechnik, Heft 23/24. München.
- FRANKE, R., 1951: Die Kosten des Schlepperbetriebes. Landtechnik, Heft 6. München.
- 1954: Pferdeleistung und Schlepperleistung. Landtechnik, Heft. 23/24. München.
- FRUDDEN, C. E., 1949: Applications of Torque Converters in Farm Machines. Agricultural Engineering. Vol. 30. Michigan.
- FRYJORDET, TORGEIR, 1955: Forelesninger i driftsøkonomi. Skrivemaskinstua, Oslo.

- FOYN, PER, 1950: Hjultraktoren i skogsdriften. Skogeieren nr. 7, Oslo.
- 1951: Tvillinghjul på 4-hjulsdrevne traktorer. Skogeieren nr. 6, Oslo.
- GALLWITZ, K., 1952: Lehren aus den Schlepperprüfung seit 1925. Landtechnik, Heft 2. München.
- GJORV, OLE A., 1936: Veikurver for hurtigtrafikk, deres utstikking og helling m.m. Medd. nr. 4 fra Veidirektøren. Oslo.
- GLASSTONE, SAMUEL, TH., 1946: Elements of Physical Chemistry, New York.
- GLÄSER, H., 1949: Das Rücken des Holzes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München.
- GREENSHIELDS, BRUCE, D., 1937: Relation-Time and Traffic Behavior. Civil Engineering.
- GROTTEROD, ARNE J., 1955: Vegers kapasitet. Norsk Veitidsskrift nr. 6, Oslo.
- HAEFELI, R., 1939: Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Beiträge zur Geologic der Schweiz. Bern.
- HAFNER, FRANZ, 1952: Die Praxis des neuzeitlichen Holztransportes. Verlag Georg Fromme & Co. Wien.
- HEDEGÅRD, BO, 1952: Motorers effekt och dragkraft. Några grundläggande begrepp. Medd. från SDA nr. 44, Stockholm.
- HEIE, KOLBJØRN, 1929: Kurvemotstand ved veier og gater. Medd. nr. 7 fra Veidirektøren, Oslo.
- 1945: Veg- og jernbanebygging, Oslo.
- HELDT, P. M., 1952: The Automotive Chassis. Nyack, N. Y.
- HOFSETH, 1945: Forsøksstur med beltetraktor i indre Finnmark. Medd. nr. 10 fra Veidirektøren, Oslo.
- HUBENDICK, E., 1943: Rullnings och slirningsmotstånd vid motorfordon. Teknisk Tidsskrift, Häfte 8—9, Norrköping.
- IHLEN, NILS, N., 1943: Tømmerkjøring i Storelvdal. Tidsskrift for Skogbruk nr. 12, Oslo.
- 1943: Tømmerkjøring i Drangedal. Tidsskrift for Skogbruk nr. 12 Oslo.
- 1944: Tømmerdrift i Trysil og Nordre Osen. Tidsskrift for Skogbruk nr. 11—12. Oslo.
- 1944: Tømmerdrift i Hallingdal. Tidsskrift for Skogbruk nr. 9—10. Oslo.
- 1945: Tømmerdrift i Nordre Odalen. Tidsskrift for Skogbruk nr. 5—6. Oslo.
- 1945: Tømmerdrift i Follebu. Tidsskrift for Skogbruk nr. 9—10. Oslo.
- JOHANSSON, I., 1944: Prestationsprov med hästar. Kungl. Landbruksakademiens Tidsskrift. Stockholm.
- JØRGENSEN, FRITZ, 1955: Skogbrukets kostnadsteori. Forelesninger ved NLH. Vollebakk.
- KAHRS, OTTO, 1946: Vegdekkets glatthet. Medd. nr. 9 fra Veidirektøren, Oslo.
- 1943: Vegens transportevne. Medd. nr. 12 fra Veidirektøren, Oslo.
- KANTOLA, MIKO, 1954: The loading of coniferous sawlogs on trucks. Pilot Committee on logging Technique and Training of Forest Workers FAO/EFC/LOG/20. Geneve.

- KELLY, J. L., 1948: Use of snowmobiles in hauling. Canadian Pulp and Paper Association, Woodlands Section. Index No. 966. Montreal.
- KINNMAN, GUNNO och LINDFELT, BO, 1944: Handledning i Skogsvägbyggnad. Svenska Skogsvårdsföreningens Förlag. Stockholm.
- KJELLBERG, GUSTAF, 1944: Lastning av timmer i storlass. Medd. nr. 16 från SDA. Stockholm.
- 1945: Något om kälktyper och lastning. Medd. nr. 28 från SDA. Stockholm.
- KLIEFOTH, F., 1951: Schlepperprüfung. Landtechnik. Heft 6. München.
- KOROLEFF, A., WALKER, J. F. and STEVENS, D. R., 1943: Pulpwood hauling with horse and sleigh. Pulp and Paper Research Institute of Canada. Montreal.
- KÅSA, JOHANNES, 1952: Skognytting. H. Aschehoug & Co. Oslo.
- LARSEN, THOR, 1929: Nye forsøk med beltebil på vinterføre. Medd. nr. 9 fra Veidirektøren, Oslo.
- LE CONTE, JOSEPH, N., 1927: Graphic Analysis as applied to the study of wheel-type tractors. Agricultural Engineering, Vol. 8 Michigan.
- LEIJONHUFVUD, AXEL, C:SON, 1948: Erfarenheter från traktordrift vid ett norrländskt skogsföretag. Medd. nr. 41 från SDA. Stockholm.
- 1950: Den snöpackade basvägen. Aktuell information av intern natur. Medd. nr. 30 från SDA. Stockholm.
- 1954: Hästen i skogsbruket. Medd. nr. 51 från SDA. Stockholm.
- 1954: Häst eller traktor i skogen? Hästen nr. 10/1954—1/1955. Stockholm.
- LIDSTRÖM, BO, 1945: Några grundläggande kalkyler kring skogshästen och transportererna på basväg. Medd. nr. 27 från SDA. Stockholm.
- LUNDSTRÖM, TORE, 1942: Traktorer och traktorredskap. Medd. nr. 82 från Jordbrukstekniska föreningen. Uppsala.
- MARKS, K., 1951: Für und wieder «richtige Schlepperreifen». Landtechnik, Heft 20. München.
- MATTSSON, MÄRN, L. 1927: Skogsekonomiska studier. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidsskrift. Stockholm.
- MC COLL, B. J., 1951: Problems in mechanical hauling from the stump. Woodlands Review. Montreal.
- MC KIBBEN, E. G., 1927: Kinematics and Dynamics of the wheel type farm tractors. Agricultural Engineering Vol. 8. Michigan.
- MC KIBBEN, E. G., REED, I. F. and REAVES, C. A., 1952: Some Effect of Rim Width on Tractor Tire Performance under Four Conditions. Agricultural Engineering, Volume 33. Michigan.
- MEGILLE, X. DE, 1954: Du choix de tracteurs pour le debardage. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome.
- 1954: Choosing tractors for logging. FAO/ECE Joint Working Party and logging Technique and Training of Forest Workers. Genève.
- MEYR, H., 1948: Luftreifenfragen: Beiträge zur Beurteilung von Schlepperbauarten. Berichte über Landtechnik. München.
- MEYR, H. und BOCK, G., 1951: Fahrtmechanik. Landtechnik, Heft 6 München.

- MONTGOMERY, R. H, 1951: Farm tractor haul. Woodlands Review. Montreal.
- NAKAYA, U. and TREDA, T., 1935: Simultaneous observations of the mass. falling velocity and form of individual snow crystals. The Hokkaido Imp. Univ. Ser. 2. Sapporo, Japan.
- NENZELL, GUSTAF, 1945: Något om tidsstudier och deras utförande vid Föreningen Skogsarbetens arbetsstudieavdelning. Medd. från SDA, nr. 20. Stockholm.
- NORMANN, O. K. and WALKER, W. P., 1955: The Highway Capacity Manual. US Department of Commerce. Washington DC.
- OFTEDAL, IVAR, 1937: Bidrag til løsning av spørsmålet om rifledannelse på landeveier. Medd. nr. 10 fra Veidirektøren, Oslo.
- OWREN, BJØRNER, 1940: Hvilke traktortyper skal vi velge? Tidsskrift for Skogbruk nr. 4. Oslo.
- PALMGREN, ARVID, 1945: Ball and roller bearing engineering. S. H. Burbank & Co. Inc. Philadelphia.
- PERSSON, BENGT, O. E., 1948: Beständighet och bärighet hos ett istäcke. Svenska Vägföreningens Tidsskrift nr. 10.
- PREUSCHEN, R., 1951: Der richtige Schlepperreifen. Landtechnik. Heft 6, München.
- PUTKISTO, KALLE, 1950: Moottoroidusta puutavaran rekikuljetuksesta. (Motorisert fremdrift av trevirke på slede). Metsä-taloudellinen Aika-kauslehti. Helsinki.
- 1953: Hevospolonnetie. Metsäteho, No. 89. Helsinki.
- 1955: On the mechanisation of timber preparation and forest haulage. Metsäteho Rep. No. 114, Helsinki.
- QUERVAIN, M. DE, 1945: Schnee als kristallines Agregat. Experientia Vol. 1. Basel.
- RAMSLI, GUNNAR, 1951: Snø og snøskred. Landbruksdepartementets småskrifter nr. 96. Oslo.
- REED, I. F. and BERRY, M. O., 1949: Equipment and Procedures for Farm Tractor Tire Studies under Controlled Conditions. Agricultural Engineering, Volume 30, Michigan.
- SAMSET, IVAR, 1950: Hogstundersøkelser i norsk granskog. Medd. nr. 37 fra Det norske Skogforsøksvesen. Oslo.
- 1950: Tømmertransport. Tidsskrift for Skogbruk nr. 10—12 1950 og nr. 3, 1951. Oslo.
- 1951: Jordbrukstraktor på snøpakket vei. Skogeieren nr. 10—11. Oslo.
- 1952: Markberedning med maskiner og håndkraft. Medd. nr. 39 fra Det norske Skogforsøksvesen. Oslo.
- 1953: Tekniske fremskritt i norsk skogbruk. Skogbrukeren nr. 21—22. Oslo.
- 1953: Rapport fra befarung i Øst-Finnmark Skogforvaltning. Rapport til Landbruksdepartementet. Oslo.
- 1955: Trafikksikkerhet og transporteffektivitet gjør registrering av traktorer i skogbruket nødvendig. Norsk Skogbruk nr. 1. Oslo.
- SAMUELSSON, B., 1953: Diesel- eller Förgassartraktorer. Maskinteknik i Jord och Skog.

- SANDMO, J. K., 1937: Skogbrukshistorie og skogpolitikk. Norges Landbrukshøyskole. Vollebekk.
- SCHINDLER, A., 1936: Die statische und dynamische Fahrbahnreibung und die Mittel zu deren Bestimmung. Eidg. Techn. Hochschule. Zürich.
- SDA., 1948: Basvägar, anläggning, underhåll. SDA. Stockholm.
- SELIGMAN, G., 1936: Snow structure and ski fields. London.
- SHAW, R. G., 1953: The use of large diameter wheels and tyres on forest extraction vehicles. Forestry Commission. London.
- SILVERSIDES, C. R., 1948: Hauling of pulpwood by snowmobile. Pulp and Paper Research Institute of Canada. Woodlands Research 35. Montreal.
- SOLLI, SVEIN, 1953: Trekkevenen hos hesten. Skogeieren nr. 10. Oslo.
- 1955: Tømmerkjøring med hest. Tidsskrift for Skogbruk. Oslo.
- 1955: Hankekjøring, en typisk norsk form for tømmerkjøring. Skogeieren nr. 4, Oslo.
- STAUFFER, OTTO, 1953: Die Normung der Reifen und Räder für Acker-schlepper. Landtechnik, Heft 8. München.
- STOLTENBERG, EINAR, 1947: Tømmerdrift i ei fjellbygd i gamle dager. By og Bygd. Oslo.
- SUNDBERG, ULF, 1952: Något om hjul och bandtraktorer för virkestransport på vinterstid. Medd. från SDA nr. 47, Stockholm.
- 1953: Studier i skogsbrukets transporter. Medd. från SDA. nr. 48. Stockholm.
- SÖDERLUND, JOHN, A. och FRIEBERG, BENGT, 1954: Hjultraktorn i transport-arbete. Medd. nr. 1 från MSA. Bromma.
- TAYLOR, A., 1953: Snow compaction. SIPRE Report 13, Wilmette, Illinois.
- TERHO, T., 1942: Prestationsproven och deras betydelse vid hästaveln. Nordisk Jordbruksforskning. København.
- UBISCH, JØRGEN VON, 1955: Om driftsveier. Norsk Skogbruk nr. 6. Oslo.
- 1955: Råd og vink for traktorkjøring med halvbelter. Norsk Skogbruk nr. 8. Oslo.
- VAINIKAINEN, VILJO, 1950: Prestationsbedömning av finska hingstar. Svensk Jordbruksförsknings Årbok 1950. Stockholm.
- VESTBY, P., 1931: Tømmerkjøring med beltebil. Skogeieren nr. 5. Oslo.
- VIKER, LEIF, R., 1939: Norges største tømmerlass. Skogeieren nr. 2. Oslo.
- WALL, E., 1947: Über die Entstehung der Schneekristalle. Wissenschaftliche Arbeiten des deutschen meteorologischen Dienstes in französischen Besatzungsgebiet. 3 Jahrg., 1 band.
- WARNING, M., 1937: Der Brennstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge. Verkehrstechnik B. 18.
- WEBER, ARTHUR, J., 1951: A Method of Evaluating Tractor Transmissions. Agricultural Engineering, Volume 32. Michigan.
- WEHNER, BRUNO, 1939: Die Leistungsfähigkeit von Strassen. Volk und Reich Verlag, Berlin.
- WEIDAHN, TH., 1927: De økonomisk fordelaktigste stigningsforhold for veier. Medd. nr. 1 fra Veidirektøren, Oslo.
- WERGELAND, NICOLAY, 1947: Staup i snøveiene. Tidsskrift for Skogbruk nr. 3. Oslo.

- WIGGINS, E. R., 1927: Recent Development in Agricultural Wheels. Agricultural Engineering. Vol. 8. Michigan.
- WILSON, J. S. and HAMBLIN, H. J., 1945: Research on pneumatic tyres for farm tractors. The National Institute of Agricultural Engineering. Askham Bryan, York.
- WORTHINGTON, WAYNE, H., 1949: Evaluation of factors affecting the operating stability of wheel tractors. Agricultural Engineering, Volume 30. Michigan.
- ZWMANSKY, MARK, W. 1943: Heat and Thermodynamics. New York.
- ZIPKES, ERNST, 1944: Die Reibungskennziffer als Kriterium zur Beurteilung von Strassenbelägen. Institut für Strassenbau an der ETH. Mitteilung nr. 2. Zürich.
- ZIPKES, ERNST und THOMANN, ERWIN, 1945: Beurteilung der Konstruktion, Rauigkeit und Verkehrssicherheit von Strassenbelägen unter Verwendung der Reibungskennziffer. Institut für Strassenbau an der ETH. Mitteilung nr. 3. Zürich.
- ZIPKES, ERNST, 1945: Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungen des Institutes für Strassenbau an der ETH zur bestimmung der Rauigkeit, Konstruktion und Verkehrssicherheit von Strassenbelägen. Strasse und Verkehr nr. 22—23—24. Bern.
- ØDEGÅRD, O., 1931: Overhøyde i veisvinger. Medd. nr. 1 fra Veidirektøren, Oslo.

A.S JOHN GRIEGS BOKTRYKKERI - BERGEN